

Северо–Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило
Дальневосточного отделения Российской академии наук

На правах рукописи

Прийменко Владимир Валерьевич

ПОЗДНЕМЕЛОВАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА
ОМОЛОНСКОГО МАССИВА И ЕГО ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ

1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения
(геолого-минералогические науки)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук,

член-корреспондент РАН

Вячеслав Васильевич Акинин

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ	15
ГЛАВА 1. ОБЗОР ПРЕДЫДУЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	17
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	21
ГЛАВА 3. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПЕНЖИНСКОГО СЕГМЕНТА ОХОТСКО-ЧУКОТСКОГО ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКОГО ПОЯСА И КОНГИНСКОЙ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ, НАЛОЖЕННЫХ НА ОМОЛОНСКИЙ МАССИВ	25
ГЛАВА 4. РУДОНОСНЫЕ ГРАНИТОИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЭВЕНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ПЕНЖИНСКИЙ СЕГМЕНТ ОЧВП) И КОНГИНСКОЙ РУДНО- МАГМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ: ИСТОРИЯ ПРОБЛЕМЫ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, ГЕОХРОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ	34
ГЛАВА 5. ГЕОЛОГИЯ, ВЕЩЕСВЕННЫЙ СОСТАВ И ВОЗРАСТ ПОЗДНЕМЕЛОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА ОМОЛОНСКОГО МАССИВА И ЕГО ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ.....	50
5.1. Золото-серебряное оруденение	51
5.1.1. Золото-серебряное оруденение низкосульфидированного типа (LS).....	52
Месторождение Ирбычан	
5.1.2. Золото-серебряное оруденение среднесульфидированного типа (IS)	66
Месторождение Джелты	
5.1.3. Золото-серебряное оруденение высокосульфидированного типа (HS).....	73
Рудопроявление Туромча	
5.2. Золото-редкометалльное оруденение (RIRGS).....	77
Месторождение Перекатное	
5.3. Медно-молибден-порфировое оруденение	93
Рудопроявления Захаренко, Лабазный	
5.4. Серебро-полиметаллическое оруденение	107
Рудопроявление Седое/Кустики	
5.5. Этапность мелового магматизма и сопутствующего оруденения Эвенского рудного района и Конгинской рудно-магматической зоны; сопоставление геологических, геохронологических и металлогенических данных	112
ГЛАВА 6. ЗОЛОТЫЕ И СЕРЕБРЯНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОМОЛОНСКОГО МАССИВА И ЕГО ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ С НАЛОЖЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ....	120
6.1. Золото-серебряное месторождение Невенрекан как объект с наложенной минерализацией.....	122
6.2. Геохимические особенности золото-серебряных руд на трехмерных диаграммах факторных значений (метод многомерной статистики факторного анализа) на примере месторождения Невенрекан	146
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	155
Список литературы	160
Приложение А. Химический состав меловых гранитоидных интрузий и элементный состав руд Конгинской рудно-магматической зоны и Эвенского рудного района.....	188
Приложение Б. Изотопно-геохронологические данные по меловым интрузивным и рудым образованиям Конгинской рудно-магматической зоны и Эвенского рудного района	204

Приложение В. Химический состав минералов руд Конгинской рудно-магматической зоны и Эвенского рудного района.....	215
---	-----

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы и степень её разработанности.

В структуре ОМ выделяются архейско-раннепротерозойский кристаллический фундамент и рифейско-фанерозойский осадочный чехол. Наиболее дискуссионными при обсуждении тектоники и металлогении ОМ остаются его границы, а также геодинамическая природа проявлений магматизма и сопутствующей минерализации (Терехов, 1979; Лычагин и др., 1987; Горячев и др., 2017; Акинин и др., 2020). В современной структуре ОМ ясно обособлены центральная часть – Юкагирская глыба, где фундамент выходит на дневную поверхность, и окраинная прогнутая Намындыкано-Моланджинская зона (рис. 1). Южная граница Юкагирской глыбы представляет собой «клавишную» систему раздробленной окраины массива (Терехов, 1979), погруженную под отложения Гижигинской складчатой (или межглыбовой, по Терехов и др., 1984) зоны. Характерным элементом Юкагирской глыбы являются вулcano-плутонические образования, представляющие реликты среднепалеозойского Кедонского краевого вулканического пояса (Горячев и др., 2010). Наиболее отчетливо выражена юго-западная граница ОМ, совпадающая с долгоживущими Тебанинским и Ярходонским разломами. Они отделяют массив от Сугойской (или Балыгычано-Сугойской) зоны и Приколымского поднятия. Север - северо-восточная граница трассируется цепью крупных гранитоидных интрузий, прорывающих образования Олойской (или Олойско-Березовской) складчатой зоны. Восточная и юго-восточная границы ОМ и обрамляющих его структур – Сугойской, Гижигинской, Олойской зон, скрыты под вулканогенными покровами Охотско-Чукотского вулcano-плутонического пояса (ОЧВП). В рамках проводимых исследований, здесь наибольший интерес представляют структурные элементы, расположенные ортогонально простиранию пояса – Конгинская и Коркодон-Наяханская магматические зоны (МЗ) или вулcano-плутонические ряды; они прослеживаются цепочками меловых гранитоидных массивов и изолированных полей вулканитов, проникающих вглубь ОМ и Сугойской зоны.

В длительной истории ОМ выделяются несколько минерагенических этапов, в течение которых были сформированы важные в экономическом плане золото-серебряные и медно-порфиновые месторождения, парагенетически связанные с окраинно-континентальным магматизмом (Геодинамика..., 2006). Он масштабно проявился на ОМ в позднедевонско-раннекаменноугольное время, когда формировался Кедонский вулcano-плутонический пояс (ВП), а в его пределах многочисленные эпitherмальные золото-серебряные месторождения – Кубака, Биркачан, Ольча и др. (Горячев и др., 2017).

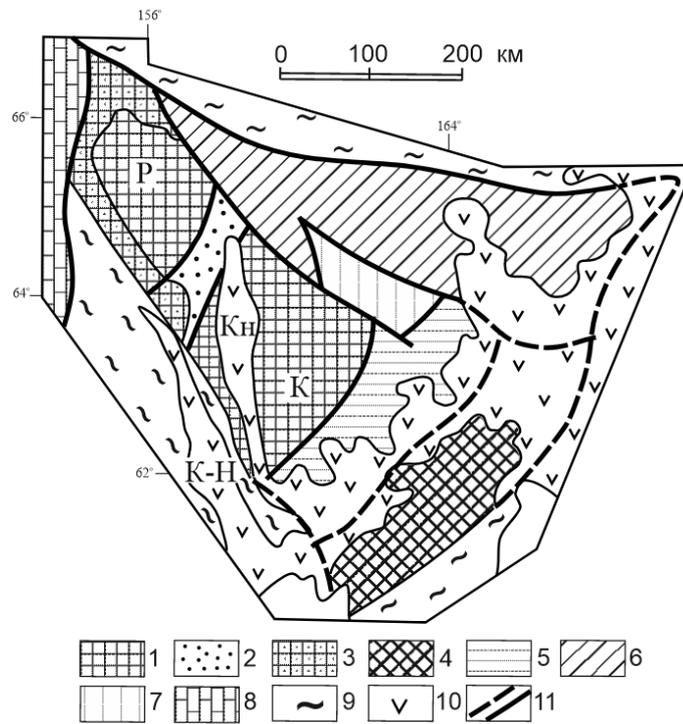


Рис. 1. Схема блокового строения Омолонского массива, по (Мерзляков и др., 1982; Гагиева, Жуланова, 2011), с добавлениями.

Омолонский массив - 1-7: 1-3 - Юагирская глыба: 1 - Рассошинское (Р) и Кедонское (К) поднятия, 2 - Долломнанская поперечная зона, 3 - Коркодонская "перикратонная" зона; 4 - Тайгоносский блок; 5 - Гижигинская межглыбовая зона; 6 - Намындыкано-Моланджгинская зона; 7 - Хуличанская впадина. Структуры обрамления - 8-9: 8 - Приколымское поднятие, 9 - мезозойские складчатые зоны. 10 – Охотско-Чукотский вулканоплутонический пояс и оперяющие его Конгинский (Кн) и Коркодон-Наяханская (К-Н) вулканоплутонические ряды; 11 - главные разломы.

Следующий всплеск магматизма приходится на позднеюрско-раннемеловое время и связан с заложением на северо-восточной окраине ОМ Олойского ВП (Парфенов и др., 2003; Геодинамика ..., 2006; Тихомиров, 2020), с которым связаны крупные медно-порфировые и золото-серебряные месторождения (Шпикерман, 1998; Николаев и др., 2016).

Ранне-позднемеловой этап ознаменован формированием окраинно-континентального ОЧВП, магматические комплексы внешней зоны которого (Пенжинский сегмент) с резким несогласием перекрывают мезозойды ОМ. С данным этапом ассоциируют многочисленные золото-серебряные месторождения и рудопоявления (Котляр, Русакова, 2004; Стружков, Константинов, 2005; Кравцова, 2010; и др.), большая часть которых сосредоточена в пределах Эвенского рудного района (Ирбычан, Невенрекан, Сопка Кварцевая, Дальнее, Ороч). В многочисленных публикациях разных лет подробно охарактеризовано их геологическое строение (Умитбаев, 1986; Кравцова и др., 2009, 2010; Горячев и др., 2017; и др.), физико-химические условия образования руд и их вещественный состав (Кравцова, 2010; Савва, 2018), приведены оценки возраста минерализации, полученные с помощью Rb-Sr и Ar-Ar методов (Ньюберри и др., 2000; Кравцова и др., 2009; Кравцова, 2010; Кравцова и др., 2023; и др.). При этом рудные объекты характеризуются различной степенью изученности, а имеющаяся геологическая информация по ним не систематизирована.

В ранних работах меловые магматические образования ОЧВП, в том числе наложенные на ОМ, разделяются на два самостоятельных этапа: ранний и поздний (Белый, 1977; Умитбаев, 1986; Белый, 1994; и др.). Их выделение связано с гомодромностью развития каждого – от андезитовой к риолитовой формации два раза подряд; в геологическом разрезе граница между этапами маркируется маломощными пачками конгломератов, алевролитов, песчаников и вулканогенно-осадочных пород (Белый, 1977; Белый, 1994). Металлогеническим выражением магматизма ОЧВП является Охотско-Чаунская металлогеническая провинция (Умитбаев, 1986), где также отмечается двухэтапность золото-серебряной и медно-молибден-порфировой минерализации (Ньюберри и др., 2000; Колова и др., 2022).

В центральной части ОМ располагается Конгинская МЗ, протягивающаяся в субмеридиональном направлении (рис. 2); согласно мнению большинства исследователей она является линейным (опяряющим) структурным элементом ОЧВП (Мерзляков и др., 1982 г.; Кузнецов, 2006; и др.). Между тем недостаток информации о составе и возрасте магматических образований Конгинской зоны, малая доля современных аналитических данных (ICP-MS, U-Pb, ^{40}Ar - ^{39}Ar и др.) указывают на неоднозначность данного заключения и требуют специализированного исследования (Горячев и др., 2017).

Конгинская МЗ сложена вулканическими ассоциациями андезит-дацитового состава и комагматичными гранитоидами, входящими в позднемеловой викторинский комплекс, согласно Легенде Омолонской серии листов Госгеолкарты-200/2 (далее ЛОС-200, Шевченко, Симанков, 1999 г.). С породами комплекса ассоциируют многочисленные рудопроявления медно-молибден-порфировой, золото-серебряной и серебро-полиметаллической формаций, составляющие Конгинскую рудно-магматическую зону (РМЗ). Недостаток информации о составе и возрасте рудопроявлений этой зоны и высокий металлогенический потенциал (Горячев и др., 2017) обуславливают необходимость и актуальность исследований в данном направлении.

Традиционно такие зоны на Северо-Востоке именуются зонами тектономагматической активизации – ТМА (Абрамович и др., 2001; Кузнецов, 2006; и др.), и отвечают различным геодинамическим обстановкам (рис. 3). Так Омсукчанская (также известная как Балыгычано-Сугойская) и Хурчан-Оротуканская МЗ, связаны с зонами ТМА рифтогенного происхождения (Умитбаев, 1986; Глухов, 2009), прочие – с заложением ОЧВП (Кузнецов, 2006; Акинин и др., 2021; и др.).

Дискуссионными остаются вопросы, касающиеся оценки возраста рудообразования, полихронности или моногенности наиболее крупных месторождений Северо-Востока Азии. Наглядным примером может служить самое крупное золоторудное месторождение ОМ Кубака, для которого по сей день не утихают споры о возрасте минерализации, преимущественно осно-

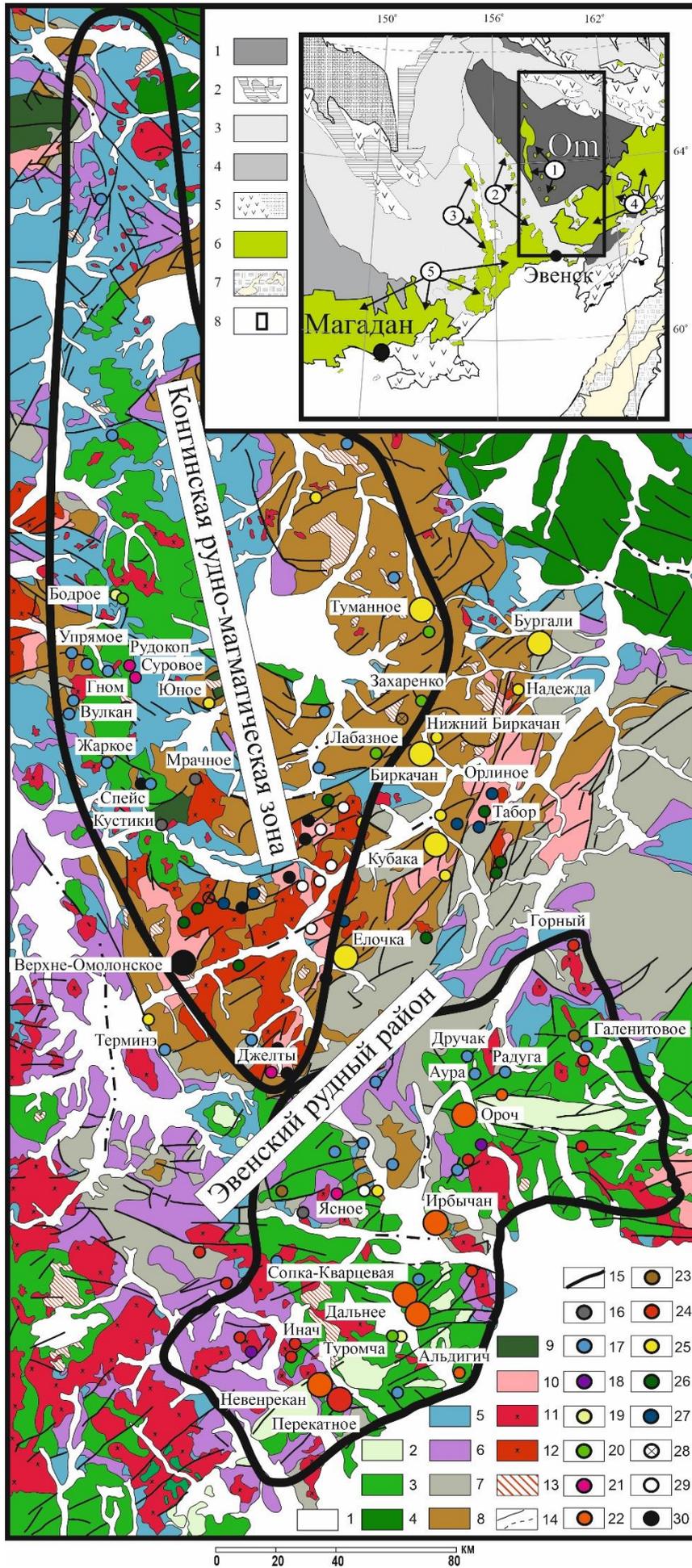


Рис. 2. Геологическая карта Конгинской рудно-магматической зоны и Пенжинского сегмента ОЧВП, по (Кузнецов и др., 1998, 2001 г.; Усачеву и др., 2007 г.; Кравцова, 2010; Горячев и др., 2017) с упрощением и добавлениями:

1 – четвертичные и неогеновые отложения; 2 – нерасчлененные позднемеловые «верхние базальты» ОЧВП и палеогеновые базальты кытыймской свиты; 3 – преимущественно вулканогенные породы ОЧВП; 4 – вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы Олойской зоны; 5 – преимущественно терригенно-осадочные породы юры; 6 – терригенно-осадочные и вулканогенно-осадочные породы триаса; 7 – верхнепалеозойские терригенно-карбонатные породы; 8 – преимущественно среднепалеозойские вулканогенные породы кедонской серии; 9 – силурийские и кембрийские образования; 10 – докембрийские метаморфические, интрузивные и осадочные образования; 11,12 – позднемеловые интрузии: гранитоидные полнокристаллические (11), порфиоровидные (12); 13 – палеозойские гранитоидные интрузии; 14 – разломы (штрихпунктирном – предполагаемые); 15 – контуры Конгинской рудно-магматической зоны и Эвенского рудного района (Пенжинский сегмент ОЧВП). 16-30 – Месторождения и рудопроявления: 16-24 – позднемеловые скарново-полиметаллические (16), серебро-полиметаллические (17), медно-молибден-порфиоровые (18), серные и алунитовые проявления (19), золото-серебряные алунит-кварцевые (20), золото-серебряные среднесульфидированные(?) (21), оловянные и олово-серебряные (23), золото-редкометалльные (24); 25-27 – позднепалеозойские золото-серебряные (25), медно-порфиоровые (26), полиметаллические (27); 28,29 – раннепалеозойские: золото-сульфидно-кварцевые (28) и золото-кварцевые (29); 30 – протерозойские железистые кварциты.

На врезке – Тектоническая схема Северо-Востока России (Акинин, Миллер, 2011): 1 – докембрийские кратоны и перикратонные террейны; 2 – палеозойские террейны пассивной континентальной окраины; 3 – триасовые и юрские турбидиты передовой зоны Верхоянского пояса; 4 – пермские и триасовые турбидиты пассивной окраины; 5 – юрско-меловые вулканогенные пояса и осадочные бассейны; 6 – ОЧВП (альб-кампан); 7 – Корякско-Камчатские вулканогенные пояса (палеоген-четвертичные), перекрывающие юрско-меловые аккреционные офиолитовые комплексы; 8 – граница исследуемой территории. Цифрами в кружках обозначены: 1-3 – рудно-магматические зоны: Конгинская (1), Коркодон-Наяханская (2), 3 – Омсукчанская (3); 4-5 – сегменты ОЧВП: Пенжинский (4) и Охотский (5). Ом – Омолонский массив.

ванные на интерпретации многочисленных данных по изотопному датированию руд и вмещающих вулканогенных отложений. Большинство исследователей соотносят оруденение со среднепалеозойским (поздний девон – ранний карбон) этапом тектономагматической активизации Ом – становлением Кедонского ВП (Горячев, Егоров, 2003; Парфенов и др., 2003); в ранний период изучения оруденение описывалось как мезозойское. При этом в ряде случаев допускается полихронность рудообразования с проявлением позднемезозойского этапа минерализации (Савва, 2018; Горячев и др., 2017; Сидоров и др., 2021; и др.). Сторонники мезозойского возраста месторождения Кубака связывают его формирование с заложением мелового ОЧВП (Гуменюк, 1988 г.) или с позднеюрским этапом гранитоидного магматизма на Ом (Политов, Стружков, 2000 г.). Опыт изучения месторождения Кубака показывает, как за 20 лет может меняться направленность взглядов – от одноэтапного мезозойского и среднепалеозойского до двухэтапного палеозой-мезозойского (Степанов, Шишакова, 1994; Котляр, 2000; Горячев и др., 2017; Савва, 2018; Акинин и др., 2020; Сидоров и др., 2021; Глухов и др., 2021в; Глухов и др., 2022; и др.).

Актуальность проведенных геолого-металлогенических исследований, нацеленных на реконструкцию истории развития мелового магматизма и связанного с ним разнотипного оруденения на Ом и в его обрамлении, обусловлено дискуссионностью подходов и отсутствием устоявшейся точки зрения о металло-генической истории региона, его высокой промышленной

значимости (Горячев и др., 2017); данное определяет стратегию проведения геолого-разведочных работ.

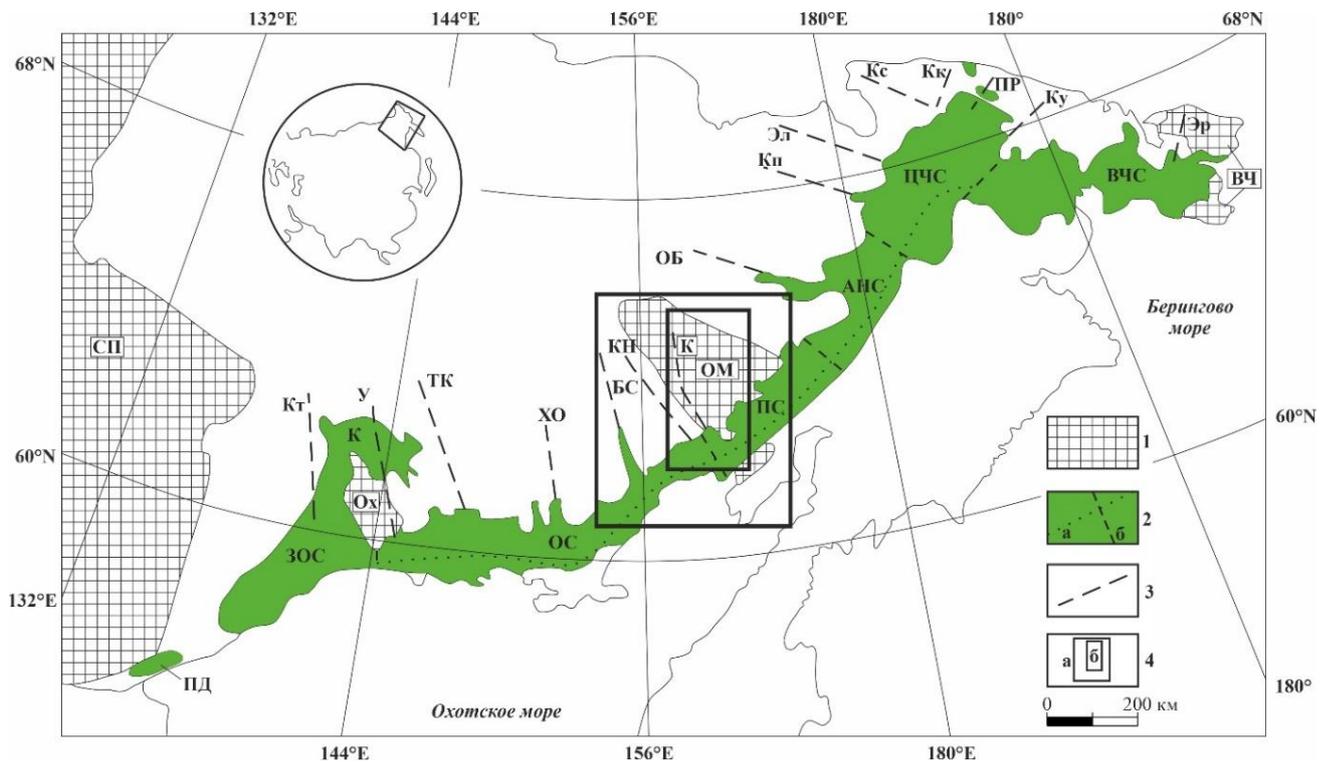


Рис. 3. Схема расположения зон ТМА и районирования ОЧВП (Северо-Восток Азии), по (Белый, 1994; Кузнецов, 2006; Акинин, Миллер, 2011, Тихомиров, 2020) с добавлениями.

1 – кратонные блоки (СП – Сибирская платформа, Ох – Охотский, Ом – Омолонский, ВЧ – Восточно-Чукотский массивы); 2 – ОЧВП: а – граница фронтальной и тыловой зон, б – границы сегментов (ВЧС – Восточно-Чукотский, ЦЧС – Центрально-Чукотский, АНС – Анадырский, ПС – Пенжинский, ОС – Охотский, ЗОС – Западно-Охотский) и прогибов (ПД – Преддзугджурский, К – Куйдусунский); 3 – прослеженные зоны ТМА: Кт – Кетандинская, У – Ульбейская, ТК – Тас-Кыстабытская, ХО – Хурчан-Оротуканская, БС – Балыгычано-Сугойская, КН – Коркодон-Наяханская, К – Конгинская, ОБ – Олойско-Березовская, А – Аттыквеемская, Кп – Кепервеемская, Эл – Эльвеемская, Кс – Кусьвеемская, Кк – Куке-неская, ПР – Пильхинкууль-Рывеемская, Ку – Куэвуньская; 4 – контур исследования региона (а), расположения участков основных работ соискателя (б).

Цели и задачи: Цель исследования – реконструкция закономерностей формирования и размещения мезозойских месторождений золота и серебра Ом и его обрамления для разработки металлогенических моделей. Для достижения указанной цели выполнены следующие задачи: (1) анализ геологического строения Конгинской РМЗ и Пенжинского сегмента ОЧВП (Эвенский РР), уделяя особое внимание анализу таких характеристик как состав и возраст магматических образований и парагенетически связанной минерализации; (2) детальное исследование геологического строения, вещественного состава месторождений Ирбычан, Перекатное и Невенрекан Эвенского РР; (3) определение возраста магматических и рудных образований Конгинской РМЗ и Эвенского РР U-Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методами датирования; сопоставление новых данных с предшествующими материалами; (4) выявление главных закономерностей формирования и размещения позднемеловых месторождений золота и серебра в регионе.

1. Анализ геологического строения Конгинской РМЗ и Пенжинского сегмента ОЧВП (в пределах Эвенского рудного района), уделяя особое внимание таким характеристикам как состав и возраст магматических образований и парагенетически связанной минерализации.

2. Детальное исследование геологического строения, минералогических и геохимических особенностей месторождений Ирбычан, Перекатное и Невенрекан, расположенных в Эвенском рудном районе.

3. Определение возраста магматических и рудных образований Конгинской РМЗ и Эвенского рудного района U-Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методами изотопного датирования; сопоставление новых данных с предшествующими материалами.

4. Выявление главных закономерностей формирования и размещения позднемеловых месторождений золота и серебра в регионе.

Объектом исследования являются рудно-магматические системы Конгинской РМЗ и юго-западной части Пенжинского сегмента ОЧВП (Эвенский рудный район). **Предмет** – геологическое строение, вещественный состав, возраст магматизма и связанной с ним рудной минерализацией, рудно-магматические систем (РМС) Конгинской РМЗ и Эвенского РР.

Фактический материал и личный вклад автора

Работа выполнена на фактическом материале, собранном в ходе многолетних специализированных геологических исследований (2012-2022 гг.) на рудных объектах Магаданской области (Охотско-Чаунская и Омолонская металлогенические провинции). В диссертации также задействованы данные, полученные при совместных геологических изысканиях (2018 г.) с к.г.-м.н. А.Н. Глуховым (рудопроявления Захаренко, Кустики/Седое, Джелты). Аналитическая база данных по рудным объектам содержит сведения, почерпнутые автором из производственных отчетов, хранящихся в территориальных геологических фондах г. Магадана (ФГУ «ТФГИ»), журнальных публикаций и собственных материалов, полученных в процессе многолетних полевых работ.

Минералого-петрографическое изучение выполнено по более 130 петрографическим шлифам и 110 шлифам-препаратам рудной микроскопии. Для геохимического анализа закономерностей распределения элементов – индикаторов оруденения, привлечены ICP-MS анализы по 91 пробам. Для месторождений Невенрекан, Перекатное и рудопроявления Захаренко методом Ar-Ar датирования проведено определение возраста кристаллизации адуляра и серицита из рудных тел (3 образца) и U-Pb по циркону – магматических комплексов (11 образцов, в том числе с новейшими неопубликованными данными). Проанализированы и обобщены результаты геологосъемочных, поисковых, оценочных, разведочных и тематических работ ПГО «Севост-геология». Помимо собранных автором материалов в работе задействованы базы данных по

геохимии и минералогии руд и магматических комплексов ведущих сотрудников СВКНИИ – Н.Е. Саввы, В.В. Акинина, А.Н. Глухова, М.И. Фоминой.

Научная новизна

С привлечением новых авторских материалов охарактеризованы месторождения и рудопроявления золото-серебряного, серебро-полиметаллического, золото-редкометалльного и медно-молибден-порфирового оруденения в Эвенском рудном районе (Невенрекан, Перекатное, Ирбычан) и Конгинской РМЗ (Захаренко, Желты, Кустики/Седое, Лабазное); уточнено геологическое строение и данные о возрасте минерализации и магматизма (U-Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методы), минералогии и геохимии руд и вмещающих комплексов (ICP-OES, ICP-MS, данные микрозонда). Показано, что возраст и состав гранитоидов Конгинской РМЗ, ассоциирующих с рудной минерализацией, соотносится с поздним этапом гранитоидного магматизма Пенжинского сегмента ОЧВП; полученные материалы на изотопно-геохимическом уровне подтверждают ранее высказанное предположение о принадлежности Конгинской РМЗ к опережающим структурам ОЧВП. Впервые U-Pb методом датирования по циркону получены данные о возрасте рудоносных гранитоидов Конгинской РМЗ и Эвенского рудного района. По материалам авторской коллекции получены первые $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датировки, оценивающие возраст кристаллизации жильного мусковита из золото-редкометалльного месторождения Перекатное, медно-молибден-порфирового рудопроявления Захаренко и адуляра эпитептермальной золото-серебряной минерализации месторождения Невенрекан.

Теоретическая и практическая значимость

Установленные закономерности формирования рудной минерализации могут быть основой для разработки современных геолого-поисковых моделей, что позволит более качественно вести разбраковку перспективных участков при прогнозных и поисковых работах. Предлагается комплексный подход к выявлению месторождений с наложенной минерализацией, сочетающий использование геолого-структурных, минералого-геохимических, изотопно-геохронологических данных и статистического метода оценки сложноустроенных геологических систем.

Методология и методы диссертационного исследования

Исследования включали: (1) полевые работы от геологосъемочных до тематических с проведением поисково-съёмочных маршрутов, описанием рудных участков и горных выработок, изучением разрезов и отбором представительных коллекций образцов на разные виды анализов; (2) изучение минерального состава руд (с выделением минеральных фаз) и петрографическое описание вмещающих пород под оптическим микроскопом в отраженном и проходящем свете; (3) электронную микроскопию и микрозондовый анализ; (4) определение концентрации примесных элементов пород и руд методами ICP-OES, ICP-MS; (5) изотопное датирование по-

род и руд U-Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методами; (6) интерпретацию петрохимических, геохимических, минералогических, изотопных характеристик руд и вмещающих пород; (7) статистический анализ геохимического состава руд разнотипных месторождений методом главных компонент многомерной статистики (факторный анализ).

Проанализированы и обобщены результаты геологосъемочных, поисковых, оценочных, разведочных и тематических работ ПГО «Севостгеология», включающих поисково-съёмочные маршруты, специализированные геологические исследования, описание горных выработок, отбор представительных коллекций образцов на разные виды анализов. Составлены базы данных аналитических материалов, полученных по авторским коллекциям и содержащихся в литературных источниках. Оценка возраста пород и руд определялась U-Pb (ИГГД РАН, г. Санкт-Петербург; ГИ СО РАН, г. Улан-Удэ) и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (ЦКП МИИ СО РАН, г. Новосибирск) методами изотопного датирования минералов. Геохимический состав пород и руд установлен ICP-OES, ICP-MS методами (ООО «Стюарт Геокемикл энд Эссей», г. Москва). Минералогия руд и петрографический состав вмещающих пород изучались под оптическим микроскопом AXIOPLAN ZEIS в отраженном и проходящем свете. Определение составов минеральных фаз выполнено на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM-6510LA (ИГГД РАН, г. Санкт-Петербург) и с помощью рентгеновского электронно-зондового микроанализатора Camebax (СВ ЦКП СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан). Статистический анализ и обработка геохимического состава руд разнотипных месторождений осуществлены методом главных компонент многомерной статистики (факторный анализ, программа STATISTICA).

Публикации и апробация работы. По теме диссертации опубликовано 27 статей, из них 5 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности (в том числе 4 – в журналах, индексируемых в RSCI). Результаты исследований докладывались соискателем на Всероссийских научных конференциях – «Научная молодежь – Северо-Востоку России» (г. Магадан, 2020; 2023), «Строение литосферы и геодинамика» (г. Иркутск, 2021), «Практика геологов на производстве» (г. Ростов-на-Дону, 2022), «Чтения памяти академика К.В. Симакова» (г. Магадан, 2017); Всероссийских научно-практических конференциях с международным участием – «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России» (г. Магадан, 2019; 2020; 2021; 2022), «Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит» (г. Владивосток, 2021). Совместные материалы докладывались соавторами на совещании: «Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики» (г. Москва, 2020, 2022), конференции «Тектоника, глубинное строение и минерализация Востока Азии» (г. Хабаровск, 2021), международных научно-практических конференциях «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» (г. Москва, 2021, 2022).

Степень достоверности результатов. Материалы диссертации доложены автором в устных докладах на 15 конференциях. Полученные результаты согласуются с исследованиями, представленными в независимой опубликованной литературе.

Источники финансирования. Исследования выполнены в рамках государственного задания СВКНИИ ДВО РАН («Разработка критериев рудоносности магматических комплексов» - № 124051600003-4, Молодежная лаборатория).

Личный вклад автора. Начиная с 2011 г. автор принимал участие в полевых (12 экспедиций, из них в 4 – руководитель), камеральных, научно-исследовательских работах на различных рудопрооявлениях и месторождениях Магаданской области в пределах Охотско-Чаунской (в составе ООО «ДГРП», ООО «Светлое») и Омолонской (ООО «ОЗРК», АО «Полиметалл УК», СВКНИИ ДВО РАН) металлогенических провинций. Общий объем детальных геолого-поисковых, специализированных и рекогносцировочных маршрутов составил более 300 км. Отобранный каменный материал послужил основой для исследований вещественного состава и возраста вмещающих пород и руд месторождений Ирбычан, Перекатное, Невенрекан, рудопрооявлений Захаренко, Лабазное, Джелты, Кустики/Седое и др. Итоговые результаты отражены в печатных работах (Глухов и др., 2021-2022; Прийменко и др., 2019-2023). Соискателем сформулированы положения диссертации и идеи публикаций (совместно с соавторами). Автор принимал активное участие в написании текстов публикаций, создании иллюстраций и графики, в выборе журналов и переписке с редакторами и рецензентами; вклад соискателя в формировании совместных публикаций основополагающий.

Защищаемые положения.

1. Конгинская рудно-магматическая оперяющая зона Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП) имеет ряд отличий от главной рудно-магматической дуги пояса: редуцированность магматизма и оруденения раннего этапа (1); отсутствие редкометалльного гранитоидного магматизма и связанного (RIRGS) оруденения (2), полей поздних базальтов и эпитермальной золото-серебряной минерализации LS-типа (3); преобладание оруденения медно-порфировых рудно-магматических систем (4). Положение обосновывается в главах 3, 4, 5.

2. Время формирования разнотипного оруденения в пределах крупных рудно-магматических систем Эвенского рудного района определено в интервале 91-78 млн лет на основании ^{40}Ar - ^{39}Ar метода датирования мусковита из руд золото-редкометалльного месторождения Перекатное и адуляра из сульфидно-адуляр-кварцевых жил месторождения Невенрекан. Положение обосновывается в главах 5 и 6.

3. Результаты геолого-геохимического изучения рудных полей месторождений Ирбычан, Перекатное и Невенрекан в совокупности с геохронологическими и минералогическими

ческими данными показывают моногенное формирование первых двух, в то время как для месторождения Невенрекан установлено сочетание разнотипной минерализации в пределах выявленных рудных тел. Положение обосновывается в главах 5 и 6.

Благодарности. Работа выполнена в лаборатории петрологии, изотопной геохронологии и рудообразования Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института ДВО РАН (г. Магадан). Автор искренне признателен и благодарен сотрудникам Института, принимавшим участие в обсуждении и в обработке полученных данных: Н.А. Горячеву, Н.Е. Савве, И.Л. Жулановой, Е.М. Горячевой, А.С. Бякову, А.М. Гагиевой, М.И. Фоминой, Т.И. Михалицыной, Г.О. Ползуненкову, А.Н. Глухову, А.В. Альшевскому, О.Т. Соцкой, Е.Е. Коловой, а также сотрудникам университетов, научно-исследовательских и производственных геологических организаций Москвы, Санкт-Петербурга и Новосибирска за помощь и обсуждение результатов исследования: А.Б. Котову, М.М. Буслову, Е.Б. Сальниковой, О.Л. Галанкиной, В.П. Ковачу, Л.Н. Шишаковой, А.А. Самсонову, Д.С. Юдину, С.В. Петрову, А.В. Травину, А.П. Бороздину, Ю.С. Полеховскому, С.И. Корнееву.

Отдельную признательность и благодарность автор выражает научному руководителю В. В. Акинину.

ПЕРЕЧЕНЬ АББРЕВИАТУР И СОКРАЩЕНИЙ

БД – База данных

ВП – вулcano-плутонический пояс

ВТД – Вулcano-тектоническая депрессия

ГИ СО РАН – Геологический институт им. Н.Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук

ИГГД РАН – Институт геологии и геохронологии докембрия Российской академии наук

ЛГС-200 – Легенда Гижигинской серии Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000

ЛОС-200 – Легенда Омолонской серии Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000

МП – Металлогеническая провинция

МФ АО «Полиметалл УК» – Магаданский филиал акционерного общества «Полиметалл Управляющая компания»

ОЗРК – Омолонская золоторудная компания

ОМ – Омолонский массив

ООО «ДГРП» – Общество с ограниченной ответственностью «Дукатское геологоразведочное предприятие

ОЧВП – Охотско-Чукотский вулcano-плутонический пояс

ПГО – Производственное геологической объединение

РЗЭ – Редкоземельные элементы

РМЗ – рудно-магматическая зона

РМС – Рудно-магматическая система

СВ – Северо-Восток

СВКНИИ ДВО РАН – Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук

ТМА – Тектоно-магматическая активизация

УМВП – Удско-Мургальский вулcano-плутонический пояс

ФГУ «ТФГИ» – Федеральное государственное управление «Территориальные фонды геологической информации»

ФГУП ВСЕГЕИ – Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А. П. Карпинского

ЦКП – Центр коллективного пользования

ЦКП МИИ СО РАН – Центр коллективного пользования многоэлементных и изотопных исследований Сибирского отделения Российской академии наук

HS – High Sulphidation

ICP-MS – Атомно-эмиссионный масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой

ICP-OES – Атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой

IS – Intermediate Sulphidation

LILE – Крупноионные литофильные элементы

LS – Low Sulphidation

RIRGS – Reduced Intrusion Related Gold Systems

ГЛАВА 1. ОБЗОР ПРЕДЫДУЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В пределах Конгинской РМЗ и Эвенского рудного района открыто шесть коренных месторождений золота и серебра, обнаружено более пятидесяти рудопроявлений и сотни пунктов минерализации различных полезных ископаемых (рис. 2, 3). Планомерные поисковые работы в Эвенском рудном районе после 60-х годов способствовали открытию пяти Au-Ag и одного золото-редкометалльного месторождения. В Конгинской РМЗ на сегодняшний день установлены только россыпные месторождения золота. Несмотря на то, что россыпная золотоносность была обнаружена ещё в середине прошлого века (1945-1950 гг.), большинство россыпеобразующих объектов на сегодняшний день сохраняют статус только рудопроявлений, при этом металлогенический потенциал Конгинской зоны в целом оценивается как высокий (Горячев и др., 2017).

Первые сведения о геологическом строении территории, охватывающей бассейны рр. Омолон, Гижига, Авекова, приведены в широко известных региональных работах С.В. Обручева (1920-30 гг.). На золотоносность Эвенского рудного района впервые указал Е.С. Бобин, проводивший в 1931-1933 гг. геолого-поисковые работы в Гижигинском и Омолонском районах на Охотском побережье и Колымском бассейне (Жуланова, Гагиева, 2017). Полученные материалы послужили «фундаментом» для дальнейшего детального геологического изучения региона.

Следующий, послевоенный этап (1945-1965 гг.), связан с изучением металлогении Колымо-Омолонского региона и в большей степени направлен на поиски россыпного золота – высоколиквидного полезного ископаемого, так необходимого стране. В этот период установлена золотоносность северной части Конгинской РМЗ, открыты первые россыпи золота. Успехи и значимые результаты связаны с фамилиями геологов, проводивших геолого-съёмочные и поисковые работы: М.И. Терехов, В.М. Демьянов, М.В. Гусаров, В.Г. Крымов, К.Л. Львов, В.К. Политов, И.П. Васецкий, В.Н. Дорогой, Ю.М. Сеньковский, И.Л. Жуланова, В.Н. Охотников, А.П. Шпетный, А.Я. Пантелеев, З.А. Абрахимов, В.В. Велинский, В.И. Павлов и многих других.

Планомерные работы привели к созданию в 1969-1989 гг. Государственных геологических карт масштаба 1:5 000 000 и 1:1 000 000 (А.П. Шпетный, Б.А. Снятков, Н.П. Аникеев), а также геологических карт масштаба 1:200 000 (К.В. Симаков, М.В. Гусаров, М.И. Терехов, П.П. Лычагин, А.И. Лобанов, В.К. Политов, Н.А. Усачев, А.М. Лященко, И.П. Васецкий, Е.Ф. Дылевский, и др.).

Параллельно велись тематические работы, результатом которых явилось издание монографий П.П. Лычагина с соавторами (1989), посвященной геологии и магматизму ОМ, и М.И. Терехова (1979) по стратиграфии и тектонике южной его части. С изучением архейских

метаморфических образований связаны работы М.Л. Гельмана, И.Л. Жулановой, В.М. Шевченко и др.; рифейских – Р.С. Фурдуй, В.М. Мерзлякова, ордовикских – В.М. Мерзлякова, М.М. Орадовской, среднепалеозойских – К.В. Симакова, М.Х. Гагиева, верхнепалеозойских – В.Г. Ганелина, Н.И. Каравасовой, мезозойских – И.В. Полуботко и Ю.С. Репина. В результате обобщения данных, полученных в 60-70-е гг., были изданы Геологическая карта ОМ масштаба 1:500 000 с объяснительной запиской под редакцией В.М. Мерзлякова (Терехов и др., 1980) и Карта структурно-формационного контроля оруденения масштаба 1:1 500 000 (Е.Ф. Дылевский и др., 1983 г.). В этот период на изучаемой территории проводилось большое количество специализированных (тематических) работ, возглавляемых сотрудниками СВКНИИ ДВО РАН (М.В. Болдырев, И.Н. Котляр, Н.Е. Савва, М.И. Терехов, Р.Б. Умитбаев, П.П. Лычагин и многие др.).

Последние обобщения по ОМ относятся к началу 90-х годов прошлого века. Среди них можно отметить создание серии геологических, металлогенических и карт полезных ископаемых масштаба 1:500 000 (Кузнецов и др., 1998, 2001 г.), геологических карт нового поколения м-ба 1:200 000 (В. Н. Егоров и др. 2001 г). Этот период ознаменован выходом целого ряда монографий ведущих сотрудников СВКНИИ ДВО РАН, касающихся различных сторон геологии региона – И.Л. Жулановой «Земная кора Северо-Востока Азии в докембрии и фанерозое» (1990); В.И. Шпикермана «Домеловая минерация Северо-Востока Азии» (1998), совместный труд большого коллектива, под руководством академика РАН Н.А. Горячева «Геология и металлогения фанерозойских комплексов юга Омолонского массива» (Горячев и др., 2017), Н.Е. Саввы «Минералогия серебра Северо-Востока России (2018) и др. Состоялись защиты диссертационных работ В.Н. Егорова (2004), Р.Г. Кравцовой (2005), М.И. Фоминой (2013), А.М. Гагиевой (2013) и И.В. Брынько (2021), посвященных магматизму, стратиграфии и рудогенезу ОМ.

С начала 2000-х г. на площади ОМ проводят работы частные компании ООО «Дукатгеология», АО «Полиметалл УК», ООО «Золото Ирбычана», ООО «ОЗРК». В северной части ОМ – в пределах Рассошинского поднятия и центральной и северной части Конгинской РМЗ, ведутся артельные работы по добыче россыпного золота. В восточной части ОМ, на территории Медьгорского рудного узла, ФГУП ВСЕГЕИ проводит работы по Геологическому доизучению площадей масштаба 1: 200 000.

В период 2016-2020-х гг. ведутся работы по изданию комплектов Государственной геологической карты нового поколения масштаба 1:1 000 000 листов Р-57 и Q-57 (отв. исп. В.М. Кузнецов), охватывающих весь ОМ и структуры его обрамления. Проведена ревизия ранее накопленных материалов по геологическому строению территории, задействованы новые данные о возрасте, химическом составе метаморфических, магматических, осадочных комплексов и связанной с ними золотой и серебряной минерализации.

Характеристике рудных объектов посвящены многочисленные публикации, большая часть которых содержит информацию по главным для Северо-Восточного региона промышленным типам – золото-кварцевому, золото-редкометалльному, золото-серебряному. В рамках диссертационной работы наибольшее внимание уделено описанию Эвенского рудного района и входящих в него месторождений, где автор лично участвовал в детальных исследованиях.

За всю историю эксплуатации (с 2006-2021 гг.) золото-серебряных месторождений Эвенского рудного района добыто более 25 т условного золота – Сопка Кварцевая, Дальнее, Ороч. В центральной части рудного района – в Туромчинском рудном узле, известно серное проявление Скалистое, которое, по материалам геологоразведочных работ 2019-2021 гг., характеризуется как перспективное на выявление золото-серебряной минерализации алунит-кварцевого типа (Глухов, 2011, Прийменко, Поздеева, 2022 г.). Высоко оценивался ресурсный потенциал месторождений Ирбычан, Невенреккан, Перекатное, что предопределило проведение детальных работ золоторудными компаниями.

Месторождения Невенреккан и Перекатное открыты при геолого-съёмочных и поисковых работах масштаба 1:50 000, проведённых под руководством А.Г. Черняева в (1974-1976 гг.). По результатам работ месторождение Невенреккан отнесено к золото-серебряной формации, связанной с гранитоидным магматизмом, проявившимся в северо-западной части рудного поля; ресурсы месторождения оценены в 10-15 т золота и 150-250 т серебра. В ходе дальнейших поисково-оценочных и разведочных работ на участке Невенреккан были подсчитаны запасы по категории С₂ – золота 4.3 т, серебра 430 т, и прогнозные ресурсы – золота 4.2 т, серебра 300 т (Шаповалов, 1982 г.). На сегодняшний день лицензия на недропользование месторождения Невенреккан принадлежит компании ООО «ОЗРК» (дочернего предприятия компании «Полиметалл»); согласно данным официального сайта компании (<https://www.polymetalinternational.com/>, обращение за информацией на сайт 15.07.2021 г.), суммарные минеральные ресурсы составляют 242 тыс. тройских унций условного золота, со средним содержанием условного золота 19.3 г/т.

Рудопроявление Перекатное (или Надежда) по итогам поисковых работ 1974-1976 гг. (Вержак, Дупляк, 1977 г.) отнесено к золото-кварцевому промышленному типу; оценка ресурсного потенциала составила 16 т золота и 64 т серебра. По результатам последующих геологоразведочных работ (Шашкин, 2013 г.) месторождение определено как полиметаллическое и медно-порфировое; при подсчете балансовых запасов установлено 108 т условного золота при среднем содержании 0.68 г/т (<https://www.nedradv.ru/>, обращение за информацией на сайт 23.02.2022 г.). На Металлогенической карте Колымо-Омолонского региона масштаба 1:500 000 (Кузнецов и др., 2001 г.) рудопроявление Перекатное рассматривается как золото-редкометалльный объект.

Золото-серебряное месторождение Ирбычан было открыто в ходе геолого-съёмочных работ масштаба 1:200 000 (Животнев, 1975 г.); результаты штурфового опробования метасоматитов и развалов обломков кварцевых жил показали содержания золота до 51 г/т и серебра до 750 г/т. Первые сведения о структурной позиции месторождения приведены в работах А.Я. Животнева и З.И. Литовченко (1977). Промышленные рудные сечения были установлены в ходе поисковых работ, под руководством Е.В. Белоглазова и Л.В. Мальцева (1977 г.); по итогам работ месторождение отнесено к золото-серебряной формации руд сульфидно-кварцевого промышленного типа. По результатам поисково-оценочных работ Н.Г. Шаповаловым и Л.Н. Везировой (1980 г.) выполнен авторский подсчет запасов золота и серебра месторождения, однако, технико-экономическое обоснование постоянных разведочных кондиций для подсчета запасов золота и серебра состоялось только к 2017 г. В настоящее время золото-серебряные объекты Ирбычан и Невенрекан готовятся к эксплуатации.

Данные по геологии и вещественному составу руд вышеописанных месторождений освещены в монографиях С.Ф. Стружкова и М.М. Константинова (2005), Р.Г. Кравцовой (2010), Н.А. Горячева и др. (2017), Н.Е. Савва (2018).

Сведения о возрасте минерализации ограничиваются данными ^{40}Ar - ^{39}Ar датирования жильного адуляра из руд месторождения Ирбычан – 82.5 ± 0.2 млн лет (Лейер и др., 1997).

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу работы положены аналитические материалы, полученные по образцам авторской коллекции (из керна скважин, канав и естественных обнажений) полевых сезонов 2013 и 2016-2021 гг. Также задействованы обширные аналитические данные по золото-серебряным рудным объектам исследуемой территории, почерпнутые из производственных отчетов и печатных изданий. Детальное исследование разнотипного оруденения включали полевые наблюдения, описание геологического строения рудных объектов, изучение минералогическо-петрографического состава магматических пород и руд. Использованы аналитические методы, включающие рентгено-флуоресцентный анализ на главные и примесные элементы, ICP-MS и ICP-OES анализы на концентрации примесных элементов, микрорентгеноспектральный анализ состава рудных минералов. Особое внимание уделялось изотопному датированию магматических и рудных образований. Использовались методы датирования: U-Pb по циркону (TIMS) и с помощью лазерной абляции и магнитно-секторной масс-спектрометрии (LA-SF-ICP-MS) и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ по калийсодержащим минералам (адуляр, мусковит) методом ступенчатого прогрева.

Петрографическое и минералогическое описание пород проводилось кристаллооптическими методами в прозрачных шлифах и препаратах рудной микроскопии. Минеральный состав, текстурные, структурные особенности и минеральные парагенезисы руд изучались под оптическим микроскопом AXIOPLAN ZEIS в отраженном и проходящем свете.

Определение составов минеральных фаз выполнялось на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM-6510LA с энергодисперсионным спектрометром (СПб., 2018, 2019, 2020; аналитик О.Л. Галанкина) и с помощью рентгеновского электронно-зондового микроанализатора Camebax с использованием ЭДС-детектора Xmax-50 фирмы Oxford Instruments, программное обеспечение Aztec, режим Point ID (СВ ЦКП СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан; аналитики – О.Т. Соцкая и Е.М. Горячева). Условия проведения измерений – ускоряющее напряжение 20 кВ, увеличение >400х, время накопления спектров 30 с. Оптимизация для количественных вычислений проводилась по химически чистой меди каждые 1.5-2 ч. В качестве стандартов использовались аттестованные природные и синтетические материалы. Предел обнаружения элементов составил 0.3 весовых %, диаметр излучающей области около 4 мкм. Детали методики приведены в статье О.Т. Соцкой с соавторами (2022).

Химический состав горных пород и руд изучался в лаборатории ООО «Стюарт Геокемикл энд Эссей» (г. Москва). Лаборатория аккредитована в Федеральной службе по аккредитации, имеет аттестат, удостоверяющий соответствие лаборатории требованиям ГОСТ ИСО / МЭК 17025 (международного стандарта ИСО/МЭК 17024: 2015). Содержания главных породо-

образующих, а также примесных редких и редкоземельных элементов определялись сплавлением с метаборатом лития с последующим растворением в смеси кислот и атомно-эмиссионной спектрометрией с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES). Пределы обнаружения для главных элементов составили 0.01–100 мас. %, для REE, Th, U – 0.01 - 0.05 ppm, для W, Zr, Ba, Sr, Ta, Ce, Ga – 0.1 ppm. Содержания примесных элементов определялись окислительным разложением в четырех кислотах с последующим определением методом атомно-эмиссионной спектрометрии (ICP-MS). Пределы обнаружения для Cu, Ni, Co, Pb, Sc, Li составили 0.1 - 0.5 г/т, для Ag, Mo, Cd – 0.01 - 0.05 г/т. Пределы обнаружения по определяемым химическим элементам приведены в таблице 1. Правильность анализа контролировалась путем измерения международных и российских стандартных образцов GSP_2, BM, СГД_1А, СТ_1; ошибки определения концентраций составляли от 3 до 5 мас. % для большинства элементов. В этой же лаборатории определялись потери при прокаливании, значения которых учитывались при обработке данных.

Анализ петро- и геохимических данных и построение классификационных диаграмм производились посредством свободно распространяемого программного пакета GCDkit.

Таблица 1. Нижние пределы обнаружения метода ICP-MS (г/т, масс. %)

Au	0.001	Cu	0.2	Na	0.01%	Ta	0.05	Eu	0.03
Ag	0.01	Fe	0.01%	Nb	0.1	Te	0.05	Ho	0.01
Al	0.01%	Ga	0.05	Ni	0.2	Th	0.05	Lu	0.01
As	0.2	Ge	0.05	P	10	Ti	0.01	Nd	0.1
Ba	10	Hf	0.02	Pb	0.5	Tl	0.5	Pr	0.03
Be	0.05	Hg	0.005	Rb	0.1	U	0.05	Sm	0.03
Bi	0.01	In	0.005	Re	0.002	V	1	Tb	0.01
Ca	0.01	K	0.01%	S	0.01%	W	0.05	Tm	0.01
Cd	0.02	La	0.5	Sb	0.05	Y	0.05	Yb	0.03
Ce	0.01	Li	0.2	Sc	0.1	Zn	2	Pt	0.03
Co	0.1	Mg	0.01%	Se	0.2	Zr	0.5	Pd	0.03
Cr	1	Mn	5	Sn	0.2	Dy	0.05		
Cs	0.05	Mo	0.05	Sr	0.2	Er	0.03		

После получения химического состава руд и сравнительного анализа, исследуемых эпitherмальных золото-серебряных месторождений, полученная информация обрабатывалась с помощью методов математической статистики и факторного анализа методом главных компонент. Массивы данных группировались; в случаях, когда содержание отдельного элемента оказывалось ниже предела обнаружения, принималось значение равное половине порога чувствительности (нижнего предела обнаружения, согласно табл. 1). После ввода массивов данных проводилась их статистическая обработка. Данные о содержании элементов с логнормальным распределением логарифмировались по десятичному основанию; аномальные значения выявлялись сравнением со средним значением плюс/минус три стандартных отклонения. Дальнейший корреляционный анализ проводился по уровню значимости, в соответствии с критериями Стью-

дента. Расчет значения значимых факторов и факторных нагрузок каждого химического элемента и факторных коэффициентов для каждой пробы производился методом главных компонент (Дэвис, 1990; Davis, 2002) на базе программы Statistica 12.0. Полученные данные анализировались на трехмерных диаграммах, построенных на базе программы Statistica 12.0.

U-Pb датирование магматических комплексов по циркону (TIMS) выполнялось в ИГГД РАН (г. Санкт-Петербург). Выделение циркона для U-Pb геохронологического исследования проводилось по стандартной методике с использованием тяжелых жидкостей. Выбранные кристаллы (или их фрагменты) подвергались многоступенчатому удалению поверхностных загрязнений в спирте, ацетоне и азотной кислоте; после каждой ступени кристаллы промывались особо чистой водой.

Химическое разложение циркона и выделение U и Pb выполнялись по модифицированной методике Т.Е. Кроу (Krogh, 1973). Изотопные анализы осуществлялись на многоколлекторном масс-спектрометре «TRITON TI» как в статическом режиме, так и при помощи счетчика ионов. Для изотопных исследований использовался трассер ^{235}U - ^{202}Pb . Точность определения U/Pb отношений и содержаний U и Pb составила 0.5%, а холостое загрязнение – 5 пг Pb и 1 пг U. Обработка экспериментальных данных проводилась при помощи программ «PbDAT» и «ISOPLOT» (Ludwig, 2003; 2012). При расчете возрастов использовались общепринятые значения констант распада урана (Stacey, Kramers, 1975). Поправки на обычный свинец введены в соответствии с модельными величинами (Steiger, Jager, 1986). Все ошибки не превышают уровня 2σ . Для U-Pb геохронологических исследований использовались микронавески идиоморфных и однородных зерен циркона, отобранных из размерных фракций 85 - 100 и >100 мкм. Циркон двух навесок был подвергнут предварительной кислотной обработке с предшествующим высокотемпературным отжигом (экспозиция 2 часа, температура 220°C).

U-Pb изотопное датирование цирконов с помощью лазерной абляции и магнитно-секторной масс-спектрометрии (LA-SF-ICP-MS) выполнялось в ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ). Метод реализован на базе одноколлекторного магнитно-секторного масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой Element XR (Thermo Scientific) и установки для лазерной абляции UP-213; основные аналитические детали измерений изложены в статье В.Б. Хубанова с соавторами (2016).

Возраст кристаллизации калийсодержащих минералов (адуляр, мусковит) из рудных жил и магматических пород определялся $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом в Центре коллективного пользования научным оборудованием для многоэлементных и изотопных исследований СО РАН (ЦКП МИИ СО РАН, г. Новосибирск). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ геохронологические исследования проводились методом ступенчатого прогрева (Травин и др., 2009). Для оценки надежности $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования принимались следующие критерии: 1) хорошо выраженное плато не менее чем из 3-х ступеней (го-

ризонтальный спектр возрастов) с более 50% выделившегося кумулятивного ^{39}Ar ($\text{СКВО} < 2.5$); 2) конкордантность возрастов плато и изохроны с учетом погрешностей; 3) изохрона пересекает значение отношения $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ близко к 295.5. Расчет и построение графиков для Ar-Ar датирования выполнялись в программе Isoplot 3.75 (Ludwig, 2003; 2012).

Объемы аналитического материала представлены в таблице 2.

Таблица 2. Объемы задействованного аналитического материала (количество анализов)

Объекты исследования	Петрографические шлифы	Аншлифы	Силикатный анализ	ICP-MS	Ar/Ar оценки возраста по плато	U-Pb датировки	Микрорентгено-спектральный анализ минералов
Гранитоидные интрузии	37	-	37	37	-	11	-
Невенрекан	20	34	19	18	2	1	250
Перекастное	17	17	-	8	1	1	150
Ирбычан	15	20	-	12	-	-	200
Туромча	-	-	2	2	-	1	-
Бодрое	-	-	2	2	-	1	-
Захаренко	10	12	-	5	1	1	100
Лабазный	-	-	2	2	-	1	-
Джелты	30	21	-	5	-		80
Кустики/Седое	2	7	-	-	-	1	-
Сумма полученной аналитики	131	111	60	91	4	11/7*	780

Примечание. * – U-Pb датирование гранитоидных интрузий на площади рудных полей месторождений и рудопроявлений, по 4 авторским пробам данные опубликованы.

ГЛАВА 3. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПЕНЖИНСКОГО СЕКМЕНТА ОХОТСКО-ЧУКОТСКОГО ВУЛКАНО- ПЛУТОНИЧЕСКОГО ПОЯСА И КОНГИНСКОЙ РУДНО- МАГМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ, НАЛОЖЕННЫХ НА ОМОЛОНСКИЙ МАССИВ¹

В исследуемом регионе меловые вулканиды ОЧВП несогласно залегают на архейских, протерозойских, палеозойских и раннемезозойских образованиях и без видимого несогласия на терригенных молассовых отложениях апт-альбского возраста (Белый, 1977; 1978; Мерзляков и др., 1981 г., 1984; и др.). Вулканогенные толщи слагают обширные поля в границах пояса, а также изолированные участки, цепочкой протягивающиеся в север - северо-западном направлении вглубь ОМ.

Традиционно магматические образования ОЧВП разделяются на два самостоятельных этапа – ранний и поздний (Белый, 1977, 1994; Котляр, Русакова, 2004; Жуланова, Русакова, 2005 и др.). Выделение этапов связано с гомодромным развитием каждого из них, где вулканиды развиваются от андезитовых к риолитовым формациям два раза подряд (Белый, 1977; Белый, 1994; Котляр, Русакова, 2004; Жуланова, Русакова, 2005). Комагматичные вулканизму гранитоидные комплексы (гармандинский, викторинский), в свою очередь, подразделяются на два возрастных периода (или этапа): альб-сеноманский, представленный гранодиорит-гранитной ассоциацией, и турон-кампанский – лейкогранитной и граносиенитовой, включающей щелочные гранитоиды (Белый, 1994; Умитбаев, 1976; 1986; Парфенов, 1984).

Особое значение в исследованиях геологического строения ОЧВП имеют работы, связанные с проблемами стратиграфии и геохронологии вулканогенных образований. Несмотря на исключительную детальность и немалый объем накопленного фактического материала, на сегодняшний день сохраняется неопределенность в интерпретации времени заложения, этапности, стратиграфического объема ОЧВП. Подробный обзор истории многолетней дискуссии о возрастном расчленении вулканогенных образований с помощью палеофлористических и гео-

¹ При подготовке данного раздела диссертации автором использованы следующие публикации, выполненные им лично или в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования:

1. Глухов А.Н., Котов А.Б., Прийменко В.В., Сальникова Е.Б., Иванова А.А., Плоткина Ю.В., Федосеев А.М. Гранитоиды Конгинской зоны Омолонского массива (Северо-Восток России): состав пород, возраст и геодинамическая обстановка формирования // Геотектоника. 2022. № 2. С. 81–94 (1.80 п.л., авторский вклад – 30%). DOI: 10.31857/S0016853X22020023. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 2.224.

2. Глухов А.Н., Прийменко В.В., Фомина М.И., Акинин В.В. Металлогения Конгинской зоны Омолонского террейна (Северо-Восток Азии) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2021. № 2. С. 3–16. ВАК/МГУ (1.87 п.л., авторский вклад – 30%). DOI: 10.34078/1814-0998-2021-2-3-16. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 0.33.

хронометрических методов приведен в монографиях П.Л. Тихомирова (2020) и И.Н. Котляра с Т.Б. Русаковой (2004). О корректности возрастного расчленения континентальных вулканогенных отложений ОЧВП методом палеофлористического анализа можно судить по материалам, полученным разными геологами за более чем полувековую историю изучения (см. табл. 1.3. Котляр, Русакова, 2004, Тихомиров, 2020). Авторы отмечают трудности, связанные с использованием палеоботанических методов для датирования вулканитов и возникающие разногласия в методическом подходе к интерпретации изотопных данных, что в дальнейшем ведет к неоднозначности корреляции разрезов отдельных структурных элементов ОЧВП и их привязке к Общей стратиграфической шкале.

В настоящее время наибольшее внимание уделяется разработке геохронологической модели формирования ОЧВП на основе $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и U-Pb датирования. Новые данные по датированию магматических образований ОЧВП приведены в многочисленных работах В.В. Акинина и П.Л. Тихомирова в соавторстве с российскими и зарубежными коллегами (2000-2020 гг.). Согласно представленным материалам, формирование ОЧВП определено интервалом от среднего альба (около 106 млн лет) до середины кампана (около 78-74 млн лет). В эволюции мелового вулканизма выделены периоды (импульсы) интенсивного магматизма и относительного затишья. Максимум активности установлен интервалом 89-80 млн лет (коньяк-кампан); менее выражены альбский и туронский всплески – 103 и 93 млн лет. Минимум приходится на границу раннего и позднего мела – сеноман, 100-94 млн лет. С «сеноманской паузой» связана смена состава вулканитов – переход от «нижних андезитов» к кислому магматизму. Для наиболее изученных – геохронологически представительных, участков (сегментов) пояса установлены более кратковременные (эпизодические) импульсы вулканической активности (не менее 6-7 пиков), чередующиеся с «периодами затишья», протяженностью 2 - 4 млн лет. Импульсы различаются составом излившихся лав, а их совокупность формирует отдельные этапы развития ОЧВП (табл. 3).

Таблица 3. Импульсы магматической активности и этапы развития ОЧВП

Импульсы магматической активности, преобладающий состав (Акинин, Миллер, 2011)	Возраст, млн лет	Этапы формирования ОЧВП (Белый, 1977, 1994; Котляр, Русакова, 2004)
6. «верхние базальты»	79–74	Магматизм этапа растяжения
5. туфы и игнимбриты риолитов	83–81	Поздний этап ОЧВП
4. андезибазальты	85–83	
3. преимущественно туфы дацитов и риолитов	89–85	Ранний этап ОЧВП
2. андезиты, базальты*, туфоконгломераты, туфопесчаники	94–89	
1. «нижние андезиты», андезибазальты	106–94	

Примечание. * – добавление автора.

Установлен асинхронный характер вулканизма в разных сегментах пояса, выраженный отсутствием древних (альбских) вулканитов с возрастом 106 - 102 млн лет в северных (Центрально- и Восточно-Чукотском) сегментах и широким развитием альбских вулканитов у западного края вулканического пояса (Тихомиров, 2020). Тем самым констатируется, что формирование северной ветви ОЧВП началось в начале турона – спустя 10 - 12 млн лет после начала вулканизма на основной территории пояса, и могло быть связано с изменениями вектора движения океанической плиты с западного направления на северное. На континентальной окраине (в пределах Охотского, Пенжинского и Анадырского сегментов) центры магматической активности были смещены на 100 - 200 км в сторону континента. Отмечается, что достоверность оценки возраста магматических событий базируется на палеонтологических и палеоботанических данных, но большей частью зависит от представительности геохронологической информации. С этих позиций Конгинская РМЗ и Пенжинский сегмент предстают «белым пятном» среди прочих структур ОЧВП.

Пенжинский сегмент расположен в центральной части ОЧВП, протягиваясь на 300 км от р. Гижига на юго-западе до р. Пенжина на северо-востоке. Согласно геологическим и палеонтологическим материалам (Лебедев, 1987), основание вулканогенного разреза Пенжинского сегмента представлено континентальной молассой с буор-кемюсской флорой (ранний-средний альб, по Решения..., 2009) – *акаткевеемская* и *ненеитская свиты*. Основание ОЧВП здесь слагают андезитовые *вилюйкинская*, *хайокланская* и риодацитовые *тылхойская*, *куньвеемская* толщи (табл. 4).

В туфовых прослоях вилюйкинской и тылхойской толщи установлены комплексы флористических остатков среднего и позднего альба – сеномана. На позднем этапе развития ОЧВП здесь формируются андезитовая *окланская* (или *шайбовеемская*) и, несогласно залегающая на ней (с конгломератами в основании), *игнимбрит-риолитовая макковеемская свита*, содержащие флористические комплексы альб-сеноманского и сеноман-туронского возраста (Котляр, Русакова, 2004; Решения..., 2009).

Геохронометрическая информация представлена данными К-Аг датирования (электронная БД «ГЕОХРОН», Акинин, Котляр, 1997), среди которых древнейшие (реликтовые): раннеальбские – андезиты вилюйкинской толщи (109 ± 1 млн лет), риолиты тылхойской (107 ± 1 млн лет), позднеальбские – андезиты окланской свиты (102 ± 1 млн лет), риолиты макковеемской (99 ± 1 млн лет) (Котляр, Русакова, 2004). Данные по изотопному датированию интрузивных комплексов в БД «ГЕОХРОН» отсутствуют.

Таблица 4. Этапы развития Охотско-Чукотского вулcano-плутонического пояса, по материалам (Белый, 1977, 1994; Котляр, Русакова, 2004); с актуализацией ряда стратиграфических подразделений и добавлениями по Конгинской рудно-магматической зоне.

Этап	Формация	Сегменты ОЧВП и слагающие их свиты, толщи
Поздний	Риолитовая	<i>Охотский сегмент</i> – ольская, аганская, герамрынская, наяханская, шороховская; <i>Пенжинский сегмент</i> – макковеемская, хайчанская; <i>Конгинская РМЗ</i> – конгинская свита, верхняя подсвита
	Андезибазальтовая	<i>Охотский сегмент</i> – улынская, малтанская, кананыгинская, туромчинская; <i>Пенжинский сегмент</i> – окланская (еропольская), шайбовеемская; <i>Конгинская РМЗ</i> – конгинская свита, средняя подсвита
Ранний	Дациандезит-риолитовая	<i>Центрально-Чукотский сегмент</i> – угаткынская, алькаквуньская, кытапкайская, каленьмуваамская (вульвивеемская, маатеньская), нотарэлянская; пыкарваамская (осиновская, койчинвеемская), мечегская, вороньинская, рымыркенская; <i>Конгинская РМЗ</i> – конгинская свита, нижняя подсвита
	Риодацитовая	<i>Охотский сегмент</i> – хольчанская, спокойнинская, кремлёвская, юмская, вархаламская; <i>Пенжинский сегмент</i> – тылхойская, куньвеемская, чайвавеемская; <i>Конгинская РМЗ</i> – конгинская свита, нижняя подсвита
	Андезитовая	<i>Охотский сегмент</i> – нараулийская, нанкалинская, кукушкинская, таватумская, чайвавеемская, тайночинская; <i>Пенжинский сегмент</i> – вилюйкинская (тургучанская, еропольская), хайокланская; <i>Конгинская РМЗ</i> – конгинская свита, нижняя подсвита
	Базальт-андезибазальтовая	<i>Пенжинский сегмент</i> – кубавеемская, ветвинская, скальнинская, гребневская; <i>Конгинская РМЗ</i> – конгинская свита, нижняя подсвита

Эвенский рудный район расположен в западной части Пенжинского сегмента ОЧВП. В его строении выделена Туромчинская вулcano-тектоническая структура, в пределах которой установлены золотые и серебряные месторождения – Сопка Кварцевая, Дальнее, Невенрекан, Перекатное. В материалах В.Ф. Белого (1978) Туромчинская структура рассматривается как вулcano-тектоническая депрессия (ВТД) или компенсационная структура, возникшая вследствие опустошения периферических магматических очагов. Нижняя часть вулcanoгенного разреза Туромчинской вулcanoструктуры представлена лавами и туфами андезитов с прослоями вулcanoгенно-осадочных пород *кегалинской* и *тайночинской свиты*, по (ЛГС-200, Жуланова и др., 1999 г.) (рис. 4). Согласно ЛГС-200 терригенные и вулcanoгенно-осадочные образования *кегалинской свиты* (песчаники и туфопесчаники, алевролиты и конгломераты с прослоями углисто-глинистых сланцев, каменных углей и пепловых туфов, мощностью от 100 до 350 м) с угловым и стратиграфическим несогласием залегают на позднепалеозойских-раннемезозойских образованиях. Их с перерывом перекрывают андезитовые - андезибазальтовые лавы и их туфы *тайночинской свиты* (мощность 700-800 м). Возраст свит определен по фрагментам раститель-

ных остатков как ранний-средний альб для кегалинской свиты, альб – тайночинской. Выше с перерывом залегают игнимбриты и туфы риолитов и риодацитов *вархаламской толщи* (мощность от 550-650 до 1000 м); возраст толщи определен по растительным остаткам в многочисленных вулканогенно-осадочных прослоях и отвечает концу раннего – началу позднего мела (Щепетов, 1995). По данным изотопного датирования и фитоистратиграфии излияние вулкаников вархаламской толщи происходило на раннем этапе развития ОЧВП (Котляр, Русакова, 2004). Выше, без видимого несогласия, следуют лавы и туфы базальтов, андезибазальтов и дацитов *туромчинской толщи* (мощность до 550 м). В ее нижней части отмечаются пачки туфо-конгломератов и линзовидные прослои туфоалевролитов с фрагментами углефицированных растений. Возраст толщи по заключению С.В. Щепетова (1995) определен поздним альбом – не древнее сеномана. Вулканогенные и вулканогенно-осадочные отложения вархаламской и туромчинской толщи несогласно перекрываются кислыми лавами и туфами *хайчанской толщи* (мощность 550-600 м). Возраст толщи по растительным остаткам определен как позднемеловой – в диапазоне от раннего сеномана до коньяк-сантонского века.

Завершается меловой вулканизм излиянием базальтов и андезибазальтов *уйканской толщи* (мощность до 500-600 м); они слагают пологонаклоненные плато, именуемые «верхними базальтами ОЧВП» (Белый, 1977; Котляр, Русакова, 2004; Тихомиров, 2020, Akinin et al., 2020). Поля базальтов уйканской толщи имеют ограниченное распространение; их выходы установлены только в пределах Пенжинского сегмента ОЧВП (Мерзляков и др., 1981 г.). Редкие прослои андезитов и дацитов содержат линзы туфов и туфоконгломератов с растительными фрагментами, характеризующими возраст пород второй половиной позднего мела - первой половиной палеогена.

Происхождение «верхних базальтов» – предмет дискуссии; одни авторы относят их к самостоятельному этапу магматизма (Филатова, 1998; Абрамович и др., 2001; Котляр, Русакова, 2004; Кузнецов, 2006; и др.), другие – объединяют с вулканиками ОЧВП (Белый, 1977, 1994). Согласно материалам U-Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования (Акинин и др., 2022) большая часть «верхних базальтов» значительно моложе вулкаников уйканской толщи и не является производной ОЧВП, а характеризует новый раннеэоценовый этап вулканизма (*кытыймская свита*), связанный с локальными стадиями растяжения на континентальной окраине Северо-Востока (СВ) Азии.

К выходам меловых вулканогенных образований приурочены гранитоидные интрузии *гармандинского комплекса*, которые прорывают и метаморфизуют вулканики нижне-верхнемеловой вархаламской толщи. Авторские материалы U-Pb датирования по циркону из гранитоидов Туромчинской вулканогенно-тектонической структуры Пенжинского сегмента ОЧВП (77±1 млн лет, см. Глава 4) указывают на позднемеловой (сантон-кампан) возраст гранитоид-

ных интрузий; полученные данные, с одной стороны подтверждают докомпанский возраст вмещающих кислых вулканитов хайчанской толщи, с другой – ставят под сомнение принадлежность данных интрузивных тел к гармандинскому комплексу.

Конгинская РМЗ представляет субмеридионально ориентированную (поперек простиранию ОЧВП) протяженную двухсоткилометровую узкую (15-40 км) цепочку вулканоструктур, осложненных серией интрузивно-купольных поднятий (Мерзляков и др., 1981 г., 1984; Терехов и др., 1984; Лычагин и др., 1989) (рис. 2, 3). Основание разреза Конгинской зоны слагают пачки конгломератов и песчаников *тиксской свиты* с растительными остатками раннемелового возраста (ЛОС-200, Шевченко, Симаков, 1999 г.). Выше, с угловым несогласием залегают вулканогенные образования *конгинской свиты*, представленные преимущественно лавами и туфами андезитов, реже дацитами и риолитами.

В строении свиты выделены три подсвиты, различающиеся по составу вулканических образований – от преимущественно вулкано-терригенной в нижней части к лавовой андезитовой (средняя подсвита) и риолитовой (верхняя подсвита). В туфоалевролитовых прослоях установлены растительные остатки, согласно определениям Г.Г. Филипповой, позднеальбского и сеноманского возраста (Мерзляков и др., 1984; Лычагин др., 1989; ЛОС-200, Шевченко, Симаков, 1999 г.). Мощность вулканогенных и вулканогенно-осадочных отложений составляет 600-900 м. Лавы основного-среднего состава характеризуются высокой глиноземистостью, низкой титанистостью и повышенной щелочностью; для всех пород отмечается снижение калиево-сти и щелочности от центральной части Конгинской зоны в северном и южном направлениях (Лычагин др., 1989).

С вулканогенными образованиями пространственно и генетически связаны интрузивные тела *викторинского комплекса* (Дылевский, 1984; Лычагин и др., 1987, 1990; ЛОС-200, Шевченко, Симаков, 1999 г.). Преимущественно это силлы, мелкие штоки (площадью до 10 км²) многофазного строения, реже дайки. В единичных случаях встречаются относительно крупные массивы (Ветвистый, Спрут), площадь которых достигает 90 км². Большинство интрузивных тел сложено порфировидными монцонитами, гранодиоритами, кварцевыми диоритами, граносиенитами, редко встречаются габбро, относящиеся к наиболее ранней фазе комплекса. Интрузии комплекса прорывают и метаморфизуют вулканиты конгинской свиты; тем самым возраст комплекса определен как позднемеловой (ЛОС-200, Шевченко, Симаков, 1999 г.).

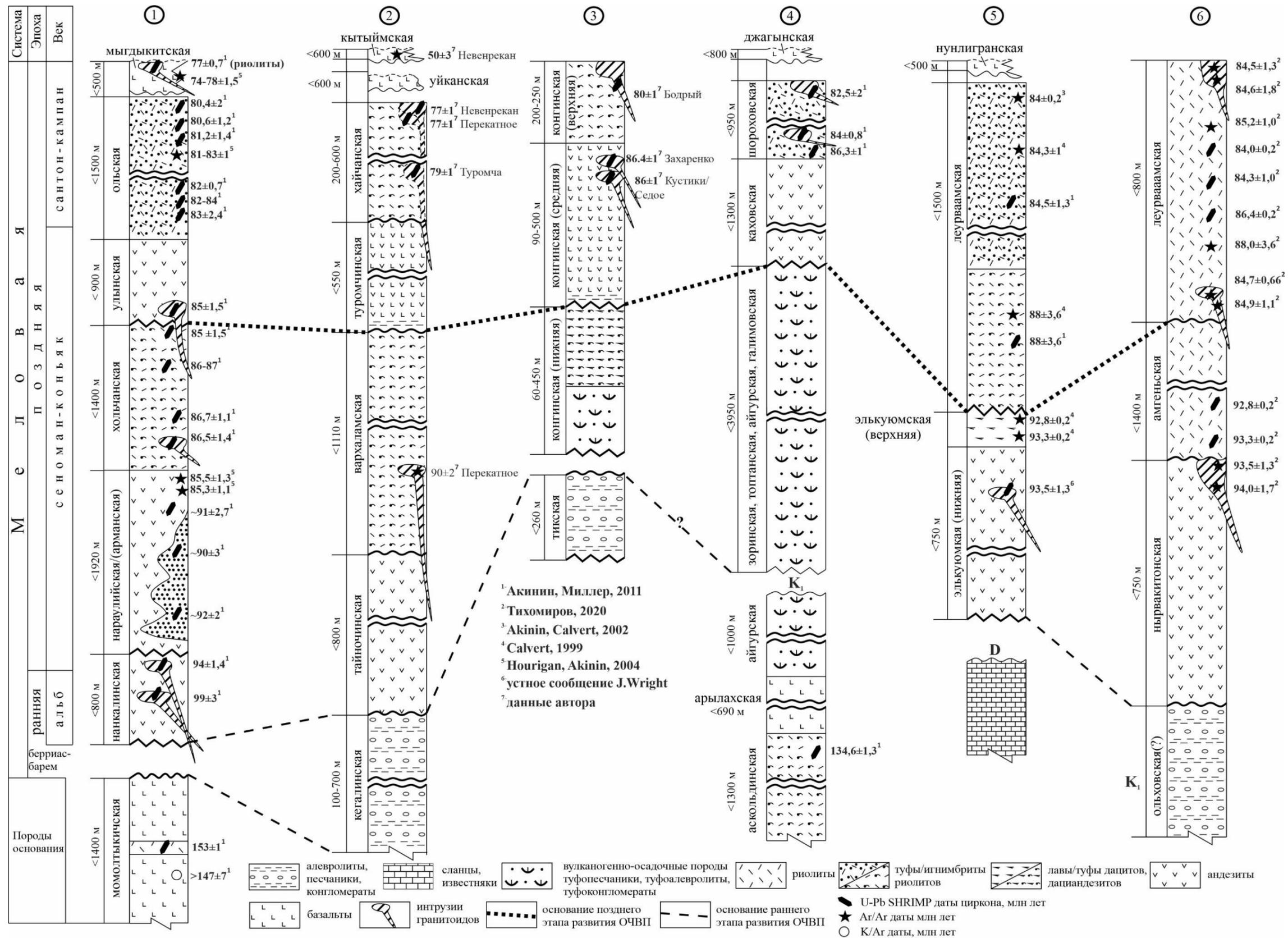


Рис. 4. Сводные типовые разрезы меловых вулканогенных отложений в пределах структурных участков ОЧВП и магматических зон изучаемого региона.

Цифры в кружках – разрез в пределах: 1 – Охотского сегмента ОЧВП – Арманская ВТД; 2 – Пенжинского сегмента ОЧВП – Эвенский рудный район, Туромчинская ВТД; 3 – Конгинской РМЗ; 4 – Омсукчанской зоны; 5 – Восточно-Чукотской (западная часть) фланговой зоны ОЧВП – Румилетская ВТД; 6 – Восточно-Чукотской (восточная часть) фланговой зоны ОЧВП. Разрезы по материалам: 1,4,5 – Акинин, Миллер, 2011; 2, 3 – ЛОС 200; Шевченко, Симаков, 1999 г.; Жуланова и др., 1999 г., с добавлениями автора. 6 – Решения..., 2009; Тихомиров, 2020.

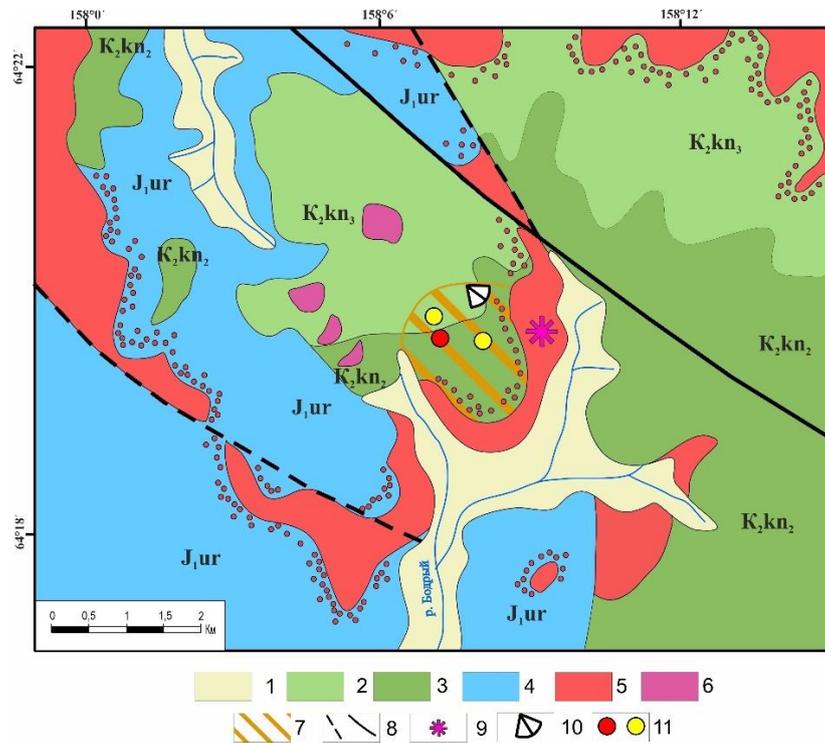


Рис. 5. План геологического строения участка в верхьях руч. Бодрый, по (Гусаров и др. 1971 г., Бурзайкин, 1991 г.), с добавлениями. 1 – четвертичные отложения; 2-3 – верхнемеловые вулканиты конгинской свиты: 2 – туфы риолитов верхнеконгинской K_2kn_3 и 3 – андезиты среднеконгинской K_2kn_2 подсвит; 4 – нижнеюрские алевролиты и песчаники уруткунской свиты; 5 – позднемеловые гранодиориты викторинского комплекса; 6 – мелкие купола позднемеловых субвулканических интрузий дациандезитов и дацитов; 7 – зональные вторичные кварциты; 8 – предполагаемые (пунктир) и подтвержденные разломы; 9 – место отбора пробы на U-Pb датирование; 10 – угол обзора панорамной фотографии (см. рис. 6); 11 – рудопроявление Бодрое: красный кружок – золото-алунит-кварцевое, желтый – проявление алунита.



Рис. 6. Панорамный вид на долину левобережья руч. Бодрый.

Выходы вулканогенных образований конгинской свиты и прорывающих их гранитоидов викторинского комплекса; направление фотосъемки на СЗ (см. рис. 5). Звездочкой отмечено место отбора пробы на U-Pb датирование по циркону – монцитонов викторинского комплекса (80 ± 2 млн лет).

При построении вулканогенных разрезов Конгинской РМЗ задействованы материалы, полученные автором при полевых исследованиях в бассейне руч. Бодрый (правый приток р. Бургагчан, рис. 5, 6). Сопоставление вулканизма на разных участках ОЧВП выполнено по литературным описаниям типовых и сводных разрезов, расположенных в пределах сегментов и по-

перечных зон вулканогенного пояса, и с привлечением всей имеющейся информации по изотопному датированию магматических образований исследуемого региона (рис. 4).

Основание разреза в верховьях долины руч. Бодрый представлено алевритами и алевропесчаниками уруткунской свиты поздней юры. Выше по разрезу, на породах уруткунской свиты, залегают с размывом и резким угловым несогласием андезиты среднеконгинской подсвиты, которые без видимого несогласия сменяются туфами риолитов вернеконгинской подсвиты.

Осадочные и вулканогенные стратифицированные породы прорваны интрузивными телами андезитов, дациандезитов, дацитов, диоритов, монцонитов, гранодиоритов. Методом U-Pb датирования по циркону проанализирован монцонитовый штوك, расположенный в основании склона водораздела верхних притоков руч. Бодрый, конкордантное значение возраста составило 80 ± 2 млн лет (см. Глава 4).

Проведенный сравнительный анализ состава меловых разрезов различных участков ОЧВП и его ответвлений показал, что наиболее ярко отличия в режиме накопления вулканогенных осадков проявились в пределах Конгинской РМЗ. Так в ее строении почти полностью отсутствуют (редуцированы) вулканогенные толщи раннего этапа ОЧВП и, напротив, значительно превосходят по объему и площади распространения магматические образования позднего. Согласно материалам, приведенным в геологических отчетах и объяснительным запискам к ним (Мерзляков и др., 1981 г.; Терехов и др., 1984) для Конгинской, а также Коркодон-Наяханской зон отмечается снижение мощности меловых вулканогенных отложений в направлении с юга на север; подобные вариации объема вулканизма прослеживается и в пределах Омсукчанской зоны (Умитбаев, 1983, 1986; Ливач и др., 2022). Тем самым можно предположить, что в пределах ОМ и его южного обрамления интенсивность мелового вулканизма последовательно снижалась в направлении от ОЧВП вглубь континента (к ОМ), а начало активного вулканизма приходилось на поздний этап развития ОЧВП.

ГЛАВА 4. РУДОНОСНЫЕ ГРАНИТОИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЭВЕНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ПЕНЖИНСКИЙ СЕГМЕНТ ОЧВП) И КОНГИНСКОЙ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ: ИСТОРИЯ ПРОБЛЕМЫ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, ГЕОХРОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ²

В Эвенском рудном районе и Конгинской РМЗ сосредоточены многочисленные месторождения и рудопроявления золота, серебра, свинца и цинка (месторождения Ирбычан, Ороч, Сопка Кварцевая, Невенрекан, Перекатное, рудопроявления Бодрое, Джелты, Кусты/Седое, Захаренко, Туромча и др.), которые пространственно и генетически связаны с меловыми интрузивными комплексами. В составе магматитов преобладают породы гранитоидного состава, выделенные в *гармандинский* (Эвенской рудный район) и *викторинский* (Конгинская РМЗ) комплексы. Согласно материалам легенды Омолонской (ЛОС-200, Шевченко, Симаков, 1999 г.) и Гижигинской серии листов (ЛГС-200, Жуланова и др., 1999 г.) возраст гармандинского комплекса принят как ранне-позднемеловой, викторинского – позднемеловой (для габброидов ранней фазы – условно раннемеловой). Отсутствие изотопно-геохронологических и геохимических данных, надежно устанавливающих возраст магматических образований и принадлежность к тому или иному комплексу, нередко порождают дискуссию о связи магматизма и рудной минерализации с определенным этапом развития ОЧВП, а зачастую – собственно с ОЧВП.

Первые сведения о гранитных интрузиях, распространенных вдоль побережья Охотского моря, приводятся в работах Ю.А. Билибина, Е.Т. Шаталова, Б.И. Вронского (1937), где даны характеристики гранитов охотского типа и их отличие от колымских гранодиоритов бассейна верхнего течения р. Колымы. Многие исследователи отмечают тесную связь гранитоидных интрузий с вулканогенными образованиями, для которых, в свою очередь, устанавливается четкая приуроченность к региональным структурам.

Наиболее ранние представления о проявлениях мощного мелового магматизма на северо-восточной окраине Азиатского континента принадлежат С.В. Обручеву (1934, 1940), кото-

² При подготовке данного раздела диссертации автором использованы следующие публикации, выполненные им лично или в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования:

1. Глухов А.Н., Котов А.Б., Прийменко В.В., Сальникова Е.Б., Иванова А.А., Плоткина Ю.В., Федосеев А.М. Гранитоиды Конгинской зоны Омолонского массива (Северо-Восток России): состав пород, возраст и геодинамическая обстановка формирования // Геотектоника. 2022. № 2. С. 81–94 (1.80 п.л., авторский вклад – 30%). DOI: 10.31857/S0016853X22020023. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 2.224.

2. Глухов А.Н., Прийменко В.В., Фомина М.И., Акинин В.В. Металлогения Конгинской зоны Омолонского террейна (Северо-Восток Азии) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2021. № 2. С. 3–16. ВАК/МГУ (1.87 п.л., авторский вклад – 30%). DOI: 10.34078/1814-0998-2021-2-3-16. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 0.33.

рый рассматривает его как производную Охотско-Чаунской вулканической дуги (аналога современных островных дуг).

В дальнейшем Е.К. Устиев (1949, 1963) данную структуру выделил в Охотский тектономагматический пояс двухярусного строения. Для нижнего домелового (пермско-верхнеюрского) структурного яруса (ранний этап) отмечалось накопление терригенных осадков с возрастающей вверх по разрезу долей континентальных андезибазальтовых лав (преимущественно в пределах северного побережья Охотского моря – п-овов Кони и Пьягина). В составе верхнего яруса (поздний этап) различались три подяруса: раннемеловой (позднеюрско-неокомский) – андезитовый вулканизм континентального типа и ассоциирующий с ним гранодиоритовый охотский комплекс (апт-туронская андезит-гранодиоритовая вулканоплутоническая формация); позднемеловой (сеноман-датский) – риолит-игнимбритовый вулканизм и гранитные интрузии (риолит-гранитовая вулканоплутоническая формация); третичный – базальтовые покровы, редко андезиты и поздние кислые лавы. Огромное значение для оценки перспектив Охотско-Чукотского пояса имели работы Е.К. Устиева (1964), посвященные тесным взаимоотношениям эффузивного и интрузивного магматизма, выделению вулканоплутонических формаций и установлении генетической связи с ними рудных месторождений. Наиболее перспективными названы вулканоплутонические формации гранитоидного происхождения (гранит-риолитовая) с которыми ассоциируют гидротермальные рудопроявления металлов, связанных с кислой магмой – олово, вольфрам, серебро, золото и др.

Неоспоримый вклад в изучение ОЧВП принадлежит В.Ф. Белому (Белый и др., 1964; Белый, Тильман, 1965; Белый, 1994), в работах которого отражены практически все проблемные вопросы мелового вулканизма на СВ России – тектоническое районирование, стратиграфическое деление, состав и формационная принадлежность вулканогенных образований, их связь с интрузивным магматизмом и возрастными границами, этапность и анализ ископаемой флоры, геологическое развитие и металлогения. Для целей проводимого исследования отметим следующие положения:

- ОЧВП самостоятельная структура, в строении которой участвуют субаэральные вулканы известково-щелочного ряда; их формирование происходило в два этапа (или раннюю и позднюю стадии), при этом основной объем (около 90%) вулканогенных накоплений приходится на ранний (доальб-сеноманский) этап;

- в строении ОЧВП выделяются продольные зоны, сменяющие друг друга вкост простирания пояса: внешняя (существенно игнимбритовая, в современной терминологии – тыловая, приконтинентальная), наложенная на мезозоиды или древние массивы; внутренняя (андезибазальтовая, фронтальная, приокеаническая), залегающая на складчатом верхнепалеозойском или мезозойском основании;

- вулканический пояс разделяется на поперечные структуры – Охотский, Пенжинский (включающий Конгинскую и Коркодон-Наяханскую зоны, согласно Схеме районирования ОЧВП (Белый, 1994), Анадырский, Центрально-Чукотский сегменты (или секторы) и Западно-Охотская и Восточно-Чукотская фланговые зоны (крайние юго-западный и северо-восточный сегменты, структурно и вещественно идентичные тыловой зоне ОЧВП);

- неоднородность состава и строения вулканических накоплений в пределах сегментов определяется гетерогенностью структур основания ОЧВП – от пород дорифейского фундамента (Тайгоноская зона) до складчатых зон мезозой (Яно-Колымская система); в пределах Пенжинского сегмента вулканогенные покровы внешней зоны залегают на палеозойских и мезозойских образованиях чехла ОМ, внутренней – докембрийских породах Авековского блока;

- большинство интрузивных образований ОЧВП сформировалось в раннюю стадию и принадлежит охотскому комплексу (согласно определению Е.К. Устиева, 1949); во внутренней зоне Пенжинского сегмента обнажаются тоналит-гранодиоритовые интрузии, во внешней – гранодиорит-гранитные;

- магматические комплексы внешней и внутренней зон различаются петрохимически; преобладание кислых вулканитов и гранодиорит-гранитных интрузий во внешней и фланговой зоне свидетельствуют об их связи с коровыми магматическими очагами, а присутствие здесь же андезитовых лав – с ассимиляцией гранитного вещества коры и базальтового расплава в промежуточных магматических очагах. Базитовый магматизм наиболее характерен для окраинной – внутренней зоны, и является продуктом глубинного мантийного магмаобразования;

- возраст гранитоидного магматизма определен по взаимоотношениям с вулканитами ОЧВП; нижняя граница отвечает позднеальбскому возрасту вмещающих вулканитов, верхняя определяется интервалом – от этапа излияния кислых вулканитов (риолитов-дацитов) до формирования платобазальтовых полей;

- в строении внешней зоны выделены «побочные» ответвления (контролируемые глубинными разломами), протягивающиеся вглубь мезозой Верхояно-Чукотской области (Омсулчанский, Нембондинский прогибы); здесь в вулканогенных разрезах по простиранию устанавливается смена континентальных лав на кластические и вулканогенно-осадочные образования (так называемая верхняя моласса); в современных тектонических схемах им отвечают Умкувемская и Айнахургенская впадины в пределах Олойско-Березовской зоны, Раучанская – в пределах Анюйско-Чаунской.

Развиваемые В.Ф. Белым взгляды отражены на тектонической карте СВ СССР масштаба 1 : 2 500 000 (Белый, Тильман, 1966; Тильман и др., 1969) и более поздней Новой тектонической карте Востока СССР (Тектоника, 1980), где приведены главные особенности состава, строения, возрастного объема внешней и внутренней зоны с позиции новой концепции конструк-

тивного тектогенеза. Так вулcano-плутонические ассоциации внешней зоны рассматриваются как продукты повторного становления зрелой (новообразованной) континентальной коры в Алазейско-Олойской, Гижигинской и др. зонах, а внутренней – области формирующейся мезозойской континентальной коры (Кони-Тайгоноская система).

Иная точка зрения о тектонической природе магматических образований Охотского побережья принадлежит Р.Б. Умитбаеву (1986), согласно которой ОЧВП является составным элементом Охотско-Чаунской области ТМА, куда так же входит синхронно развивающаяся (с поздней юры до палеогена) перивулканическая зона. Формирование Охотско-Чаунской области ТМА происходило в переходной палеосейсмофокальной зоне в условиях попеременного сжатия и растяжения литосферы. Так в пределах ОЧВП ранний (позднеюрско-раннемеловой, допозднеальбский) этап формирования базальт-андезитовых толщ и внедрения габброидных интрузивных тел связан с процессами растяжения; в перивулканической зоне на данном этапе формируются предвулканогенные молассы. Для среднего этапа устанавливается многократное чередование пород кислого и среднего-основного состава, образовавшихся в условиях попеременного сжатия и растяжения. На начальной (альб-сеноманской) стадии в условиях сжатия происходит излияние кислых лав и внедрение гранитоидных интрузий, на конечной (турон-сеноманской) – формирование контрастных вулканогенных толщ и лейкогранитовых и граносиенитовых интрузий в условиях переменного сжатия-растяжения. Поздний (конец мела - палеоген) этап – излияние базальтовых лав при общем растяжении литосферы. По мере удаления от палеосейсмофокальной шовной зоны отчетливо просматривается зональность, выраженная сменой магматических и рудных формаций. Тем самым, Охотско-Чаунская область ТМА параллельно рассматривается как одноименная окраинно-континентальная металлогеническая провинция, где в пределах ОЧВП и его перивулканической зоны формируются вулканогенно-плутогенные рудные формации благородных, редких, цветных и др. металлов. При этом для вулканического пояса характерны вулканогенные (золото-серебряные, сурьмяно-ртутные, серные, алунитовые и др.) месторождения, для перивулканических зон – вулканогенно-плутогенные (золото-мышьяково-сурьмяные, олово-серебряные и др.) и сложноформационные. Особо отмечается, что сосредоточение месторождений, связанных с вулканогенно-плутогенной формацией, не ограничивается ареалами вулканического пояса и может находиться далеко за их пределами – в перивулканических зонах.

Рассмотрение Охотско-Чукотской области как совокупности трех разновозрастных структур, сформировавшихся в различных геодинамических обстановках, связано с работами Л.М. Парфенова (1984, 1995). Развиваемые им представления входят в концепцию тектоники плит, применимо к которой:

- магматизм раннего (среднеюрского-неокомового, доаптского) этапа связан с заложением надсубдукционных Удской и Кони-Мургальской магматических дуг;
- становление собственно ОЧВП (с конца альба до кампана) происходило на периферии активной континентальной окраины в процессе субдукции;
- поздне меловой-палеогеновый заключительный этап ОЧВП связан со сменой направления движения плит на трансформной окраине континента (Геодинамика..., 2006), в ходе которой происходило излияние внутриплитных субщелочных платобазальтов (Тектоника..., 2001).

Отмечается, что при общей схожести с вулканитами Андийского пояса, магматизм ОЧВП характеризуется преимущественно кислым составом. Гранитоиды ОЧВП обнаруживают тесную связь в пространстве и по времени с вулканитами; их разделение в целом соответствует делению, предложенному Е.К. Устиевым – раннемеловые гранодиориты (охотский комплекс), ассоциирующие с андезитами внутренней зоны пояса, и поздне меловые граниты, приуроченные к риолитам – внешней. В отличие от андских в ОЧВП отсутствуют крупные линейно вытянутые массивы; здесь распространены изометричные с причудливыми очертаниями интрузивные тела многофазного строения. Предполагается, что большинство интрузий слабо вскрыты и формы их выходов не соответствуют истинным размерам.

Большинство гранитоидов ОЧВП относятся к I-типу Международной классификации (Chappel, White, 1974), формирование которых происходило в обстановке активной континентальной окраины (Тихомиров, 2020). Менее распространены интрузии, которые по геохимическим и минералогическим характеристикам сопоставимы с гранитоидами S- и A-типов, что согласно выводам П.Л. Тихомирова (1998; 2020) может свидетельствовать о сложном составе магматического источника. В некоторых случаях химический состав вулканогенных образований и контактирующих с ними интрузивных тел может существенно различаться, что указывает на отсутствие генетической связи между ними (либо сложную эволюцию магматического расплава). Значительная часть крупных интрузий или цепочек из мелких тел ориентированы поперек простирания вулканического пояса, а их пространственное размещение ограничено глубинными разломами; такие линейные структуры рассматриваются как «зоны тектономагматической активизации» (Кузнецов, 2006).

В последние годы принадлежность гранитоидных интрузий к тому или иному комплексу базируется на материалах ^{40}Ar - ^{39}Ar и U-Pb датирования и большей частью сведено к определению возраста вмещающих вулканитов или установлению этапности (импульсов) магматической активности (краткое изложение геохронологической модели формирования ОЧВП приведено в Главе 3). Нехватка достоверных данных о возрасте рудоносных гранитоидов и вулканогенных образований, вмещающих оруденение, нередко провоцирует дискуссии о генетической связи месторождений с ОЧВП.

К таковым относится вопрос о генезисе наиболее ранних меловых магматических комплексов, расположенных на п-вах Тайгонос, Кони и Пьягина, у южной (фронтальной или внутренней) границы ОЧВП, обращенной к океану. Традиционно они рассматриваются как фрагменты ископаемой островной вулканической дуги. Наиболее полный обзор представлений о тектонической принадлежности ранних меловых вулканических дуг, вытянутых вдоль северного побережья Охотского моря приведен в диссертационной работе Т.Б. Русаковой (2009 г.) и монографии П.Л. Тихомирова (2020). Здесь сделаем акцент на основных научных направлениях.

На схеме районирования ОЧВП, предложенной В.Ф. Белым (1977), Тайгоноская и Кони-Пьягинская структуры принадлежат новообразованной Тайгоносской тектонической зоне (или андезитовой вулканической дуге), сформировавшейся последовательно и независимо от ОЧВП. Согласно взглядам Р.Б. Умитбаева (1986) позднеюрские-раннемеловые (волжско – ранне-неокомские) терригенно-вулканогенные отложения п-овов Кони, Пьягина и Тайгонос входят в состав орогенного комплекса Кони-Мургальской (Кони-Тайгоносской) геосинклинальной системы "промежуточного" типа. В работах Л.М. Парфенова (1976, 1977) впервые структура, протягивающаяся в северо-восточном направлении вдоль побережья Охотского моря через полуострова Кони, Пьягина и Тайгонос, выделена как позднепалеозойская-раннемезозойская Удско-Мургальская вулканическая дуга островодужного типа. В дальнейшем С.Д. Соколов (1992) предложил отделять более древнюю палеозойско-раннемезозойскую часть – Кони-Тайгоносскую островодужную систему, от наложенной на нее позднеюрско-раннемеловой Удско-Мургальской, которая в свою очередь предшествовала формированию ОЧВП. В последних работах Якутских геологов, под руководством Л.М. Парфенова, Удско-Мургальская дуга рассматривается как составная юрско-неокомовая – Удская и продолжающая ее Кони-Мургальская окраинно-континентальные магматические дуги (Тектоника..., 2001). В современной сводке по магматическим поясам Дальнего Востока России Удско-Мургальская структура относится к юрско-раннемеловому вулcano-плутоническому поясу надсубдукционного типа (Геодинамика ..., 2006). Удско-Мургальский вулcano-плутонический пояс (УМВП) разделен на сегменты – Удско-Ульинский, Охотский, Кони-Пьягинский, Тайгоносский и Пенжинско-Анадырский, Пекульнейский и Чукотский (согласно Тектонической схеме СВ Евразии, по Соколов и др., 1999), которые, по сути, демонстрируют вариации состава и мощностей вулканогенно-осадочных разрезов на разных участках вулcano-плутонического пояса и отражают различия в строении фундамента. Данная тектоническая схема районирования УМВП задействована в работе.

По мере накопления изотопных данных по оценке возраста магматических образований УМВП обнаружилось, что для ряда гранитоидных массивов полученные изотопные датировки совпадают с возрастом нижней границы ОЧВП (Тихомиров, 2020). К таковым относятся: U-Pb

и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ данные по гранитоидам Восточно-Тайгоносского массива – 106-104 млн лет (Бондаренко и др., 1999; Лучицкая и др., 2003); $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст амфибола и биотита из тоналита Магаданского массива – 101.1 ± 3.4 и 99.8 ± 3.6 млн лет (Фаррар, 1992); U-Pb датировки циркона из гранитоидов мургальского комплекса – 101-90 млн лет (Государственная..., 2017).

Данный факт, как справедливо отмечает П.Л. Тихомиров (2020), наводит на размышления о возможности существования единого сложно устроенного и поэтапно развивающегося вулканического пояса (Охотского тектоно-магматического пояса, по Устиев, 1959, 1963), либо наличии двух короткоживущих – ОЧВП и УМВП. Разделение близких по возрасту и пространственному положению вулканических поясов должно опираться на данные о строении разрезов и геодинамических условиях их формирования, в надежде, что «накопление прецизионных изотопных датировок со временем позволит создать детальную схему миграции ареалов магматизма СВ Азии» (Тихомиров, 2020, С. 137).

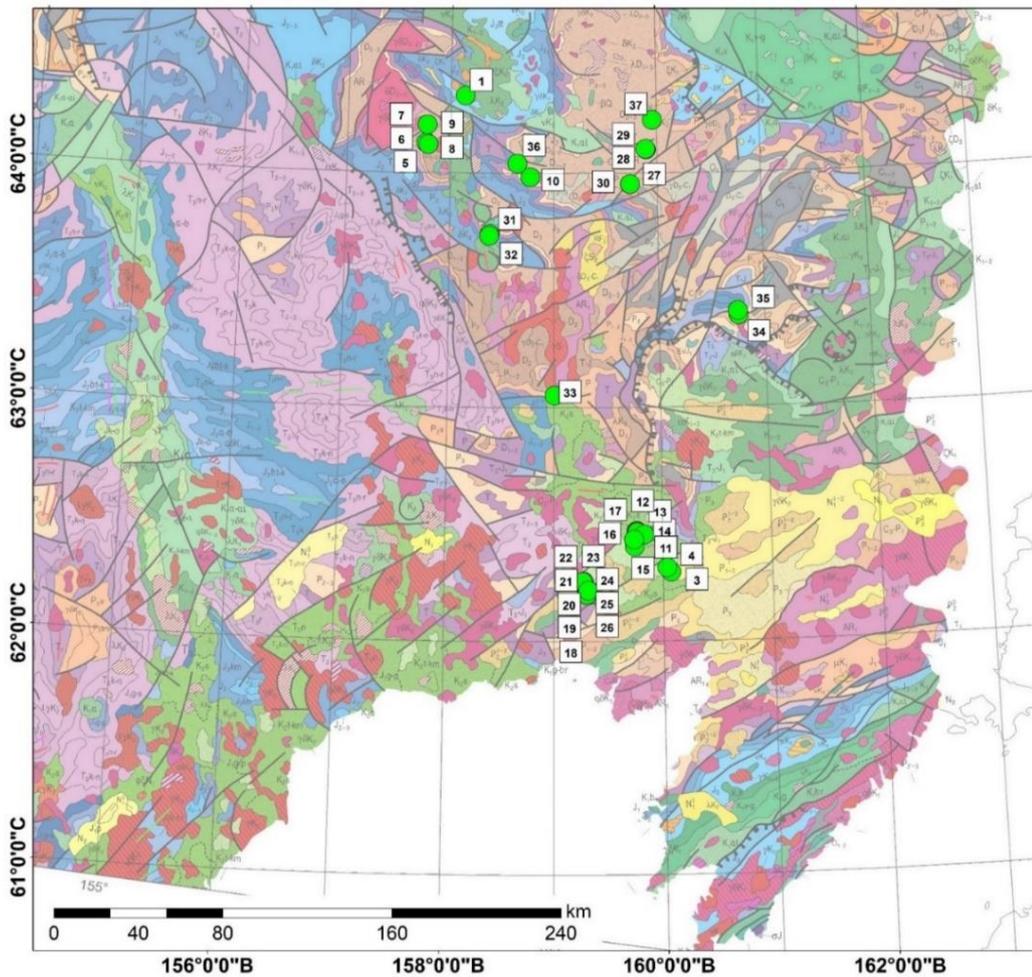


Рис. 7. Пространственная локализация точек опробования гранитоидных интрузий Конгинской РМЗ (викторинский комплекс) и Пенжинского сегмента (гармандинский комплекс) ОЧВП.

На геологической основе масштаба 1:2 500 000, по [<https://openmap.mineral.ru>]. Номера точек отбора образцов коллекции автора с рудных участков: 1 – Бодрый; 2 – Промежуточный; 3,4 – Альдигич; 5-9 – Бургагчан; 10 – Ущельный Юго-Запад; 11-14 – Озерный; 15-17 – Туромча; 18-20 – Невенрекан; 21-26 – Перекатное; 27,28 – Захаренко; 29,30 – Лабазный; 31,32 – Кустики/Седое; 33 – Джелты; 34,35 – Горный; 36 – Юный; 37 – Скрытый. Химический состав пород см. табл. А.1 (приложение А).

В целях сбора фактического материала для последующего обоснования возраста этапов магматической активности и связанной с ними рудной минерализации в пределах Конгинской РМЗ и Пенжинского сегмента ОЧВП автором, в течение четырёх полевых сезонов отбиралась представительная коллекция вулканогенных, интрузивных, рудных и околорудных образований – в пределах Конгинской РМЗ (участки Бодрый, Промежуточный, Бургагчан, Ущельный, Скрытый, Захаренко, Лабазный, Кустики/Седое, Желты) и Эвенского рудного района (южная часть Пенжинского сегмента – участки Горный, Озерный, Туромча, Невенрекан, Перекатное, Ирбычан, Альдигич). По полевым материалам проведено геохимическое исследование методами XRF, ICP-MS (37 образцов; рис. 7) и выполнено U-Pb и ^{40}Ar - ^{39}Ar датирование породных разностей (11 образцов, см. рис. 7, 8, 9).

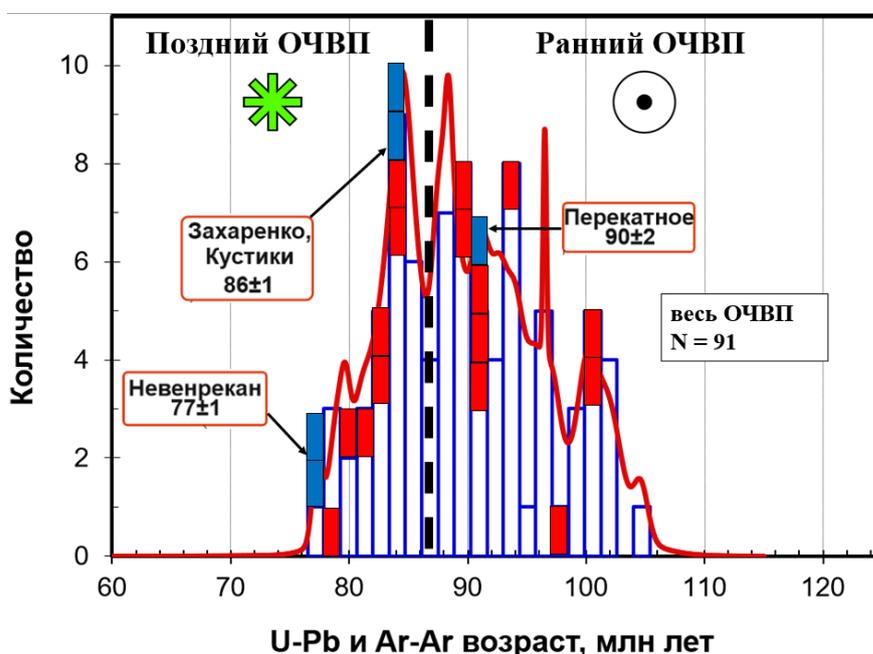


Рис. 8. Гистограмма распределения результатов U-Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования гранитоидных интрузий ОЧВП.

Синяя заливка – опубликованные данные автора, красная – неопубликованные. Фигурные значки – см. рис. 9а. Дополнительные источники данных: Акинин, Миллер, 2011; Бондаренко и др., 1999; Глухов и др., 2022; Лучицкая и др., 2003; Мишин и др., 2006; Akinin et al., 1997, 2012, 2020; Pease et al., 2014; Tikhomirov, 2020; Tikhomirov et al., 2006.

В пределах **Эвенского рудного района** (Пенжинский сегмент ОЧВП) интрузивный магматизм представлен *гармандинским габбродиорит-гранит-гранодиоритовым комплексом*, который объединяет штокообразные тела (Гармандинский, Доктомычанский, Мечта и др., площадью выходов около 60-80 км²), силлы, лополиты и дайки. В составе комплекса выделены три фазы: диориты и диоритовые порфиры — гранодиориты, кварцевые диориты и кварцевые монзониты — гранит-порфиры и гранодиорит-порфиры (ЛОС-200, Шевченко, Симаков, 1999 г.). Породы комплекса прорывают и метаморфизуют палеозойские терригенные образования и

ранне-позднемеловые вулканиды вархаламской, туромчинской и хайчанской толщ. Контактные изменения выражены ороговикованием (пироксеновым, гранат-амфиболовым, биотит-кордиеритовым) и сланцеватостью; карбонатные породы скарнированы. В интрузивных телах и за их пределами установлены обширные зоны прожилково-вкрапленной сульфидизации и мало мощные березитизации; присутствуют кварцевые жилы и карбонат-кварцевые прожилки с рассеянной полиметаллической с золотом и редкометалльной минерализацией (Горячев и др., 2017).

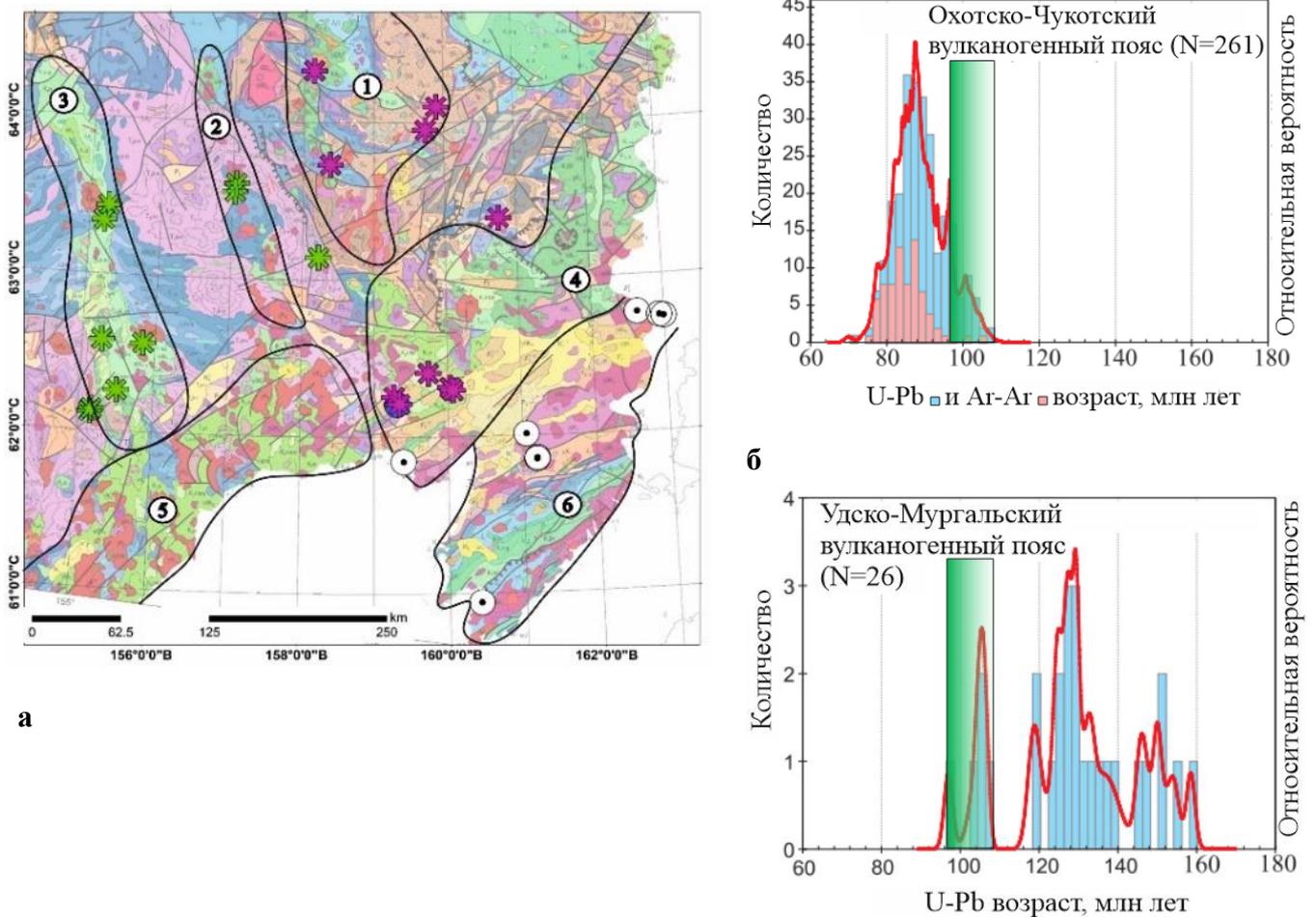


Рис. 9. Местоположение гранитоидных интрузий и результаты определения возраста изотопными методами.

а) Пространственная локализация гранитоидов раннего и позднего этапов развития ОЧВП; на геологической карте масштаба 1:2 500 000, по [https://openmap.mineral.ru]. Фигурные значки – месторасположение гранитоидных интрузий, по которым получены изотопные датировки (U-Pb): звездочка – 86-77 млн лет, круг с черной точкой – 102-89 млн лет; фиолетовый и синий цвет – коллекция автора, зеленый и белый – из литературных источников (см. табл. Б.4, приложение Б). Цифры в кружочках – структуры, в пределах которых расположены объекты исследования: 1-3 – рудно-магматические зоны: Конгинская (1), Коркодон-Наяханская (2), Омсукчанская (3); 4,5 – сегменты ОЧВП: Пенжинский (4), Охотский (5); 6 – Удско-Мургальский вулканический пояс, по (Тихомиров, 2020).

б) Гистограммы распределения изотопных датировок (U-Pb, Ar-Ar) магматических комплексов Охотско-Чукотского и Удско-Мургальского вулканогенных поясов, по Akinin et al., 2020. Зеленая полупрозрачная полоса – область совпадения результатов изотопного датирования вулканогенных поясов.

Вариации химического состава пород комплекса отражают переход от ранних к поздним фазам – увеличение глиноземистости и изменение щелочности от нормально-щелочного до умеренно-щелочного калиево - натриевого типа, уменьшение содержания оксида кальция и железистости; отмечаются повышенные концентрации серебра, титана и циркония. Петротипом комплекса выступают Гармандинский и Мало-Туромчинский массивы, расположенные у южной окраины ОМ (в среднем течение рр. Гарманда и Туромча). Возраст комплекса определен как ранне-поздне меловой на основании взаимоотношений с вмещающими вулканогенными образованиями туромчинской и хайчанской толщ, содержащих фрагменты сеноман-туронской флоры (ЛОС-200, Шевченко, Симаков, 1999 г.).

В пределах **Конгинской РМЗ** интрузивные тела представлены *викторинским габброидиорит-гранодиоритовым комплексом*, выделенным К.В. Симаковым и В.М. Шевченко (1963 г.) и в дальнейшем детально описанным Е.Ф. Дылевским (1980; 1984, 1985). Породы комплекса относятся к диорит-гранодиоритовой формации, объединяющей четыре фазы (габброидная — диоритовая — граносиенит-гранодиоритовая — гранитная, по Лычагин и др., 1989) или пять фаз (габбро и габброидиориты — монзониты и диориты — гранодиориты и сиениты — граносиениты и граниты — спессартиты и одиниты, по Горячев и др., 2017). Различаются крупные (до 100 км²) моногенные, реже двух- и трехфазные интрузивы, представленные равномернозернистыми гранодиоритами и граносиенитами с более ранними диоритами и габбро. Порфировые разности слагают многочисленные силлы, мелкие штоки (площадью до 10 км²), пластовые залежи, дайки. Интрузивные тела прорывают и метаморфизуют нижнеюрские терригенные и меловые вулканогенные образования (в том числе андезиты конгинской свиты) и пересекаются субвулканическими дайками конгинского комплекса; тем самым возраст комплекса определен как поздне меловой (ЛОС-200, Шевченко, Симаков, 1999 г.). В контактовой зоне интрузии орговикованы до образования слюдисто-кварцевых роговиков, карбонатные породы мраморизованы и скарнированы. Химический состав пород отвечает известково-щелочной серии с вариациями щелочности от калиево-натриевого до натриево-калиевого типа. По петро- и геохимическим характеристикам породы близки меловым вулканитам конгинского (Горячев и др., 2017) и гранитоидам намындыканского комплекса (ЛОС-200, 1999). В экзоконтактовых зонах породы окварцованы, сульфидизированы, пропилитизированы, березитизированы, скарнированы. Отмечаются золотосодержащие кварцевые, карбонат-кварцевые, кварц-полевошпатовые, кварц-баритовые и прожилковые окварцованные зоны с медно-молибденовой минерализацией; контактовые скарны несут серебро-полиметаллическое и магнетитовое оруденение (Горячев и др., 2017). Петротипом викторинского комплекса служит массив Халали (или Гранодиоритовый), расположенный в истоках рр. Мал. Ауланджа и Очакчан (ЛОС-200, Шевченко, Симаков, 1999 г.).

Общие контуры Конгинской структуры в целом определяются областью распространения разрозненных полей меловых вулканитов и субвулканических тел конгинского комплекса и, связанных с ними выходов гранитоидных интрузий викторинского комплекса; при этом допускается, что магматические тела могут располагаться и за пределами выделяемого контура, представляя собой элементы зоны ТМА (Кузнецов и др., 1998).

Анализ геохимических данных гранитоидов викторинского и гармандинского комплекса, слагающих интрузивные тела в пределах Конгинской РМЗ и Пенжинского сегмента ОЧВП показал, что все породы относятся к умеренно-щелочной серии с калий-натриевым типом щелочности и характеризуются как высокоглиноземистые породы (рис. 10; табл. А.1, приложение А). При общем сходстве составов магматических образований Эвенского рудного района и Конгинской РМЗ, для последних отмечается повышенная калиевая щелочность, обогащенность элементами группы железа, бария и большинством высокозарядных элементов, обеднение итрием, ниобием, танталом (табл. А.1, приложение А), что позволяет сопоставить их с надсубдукционными образованиям вулканических поясов (Глухов и др., 2022).

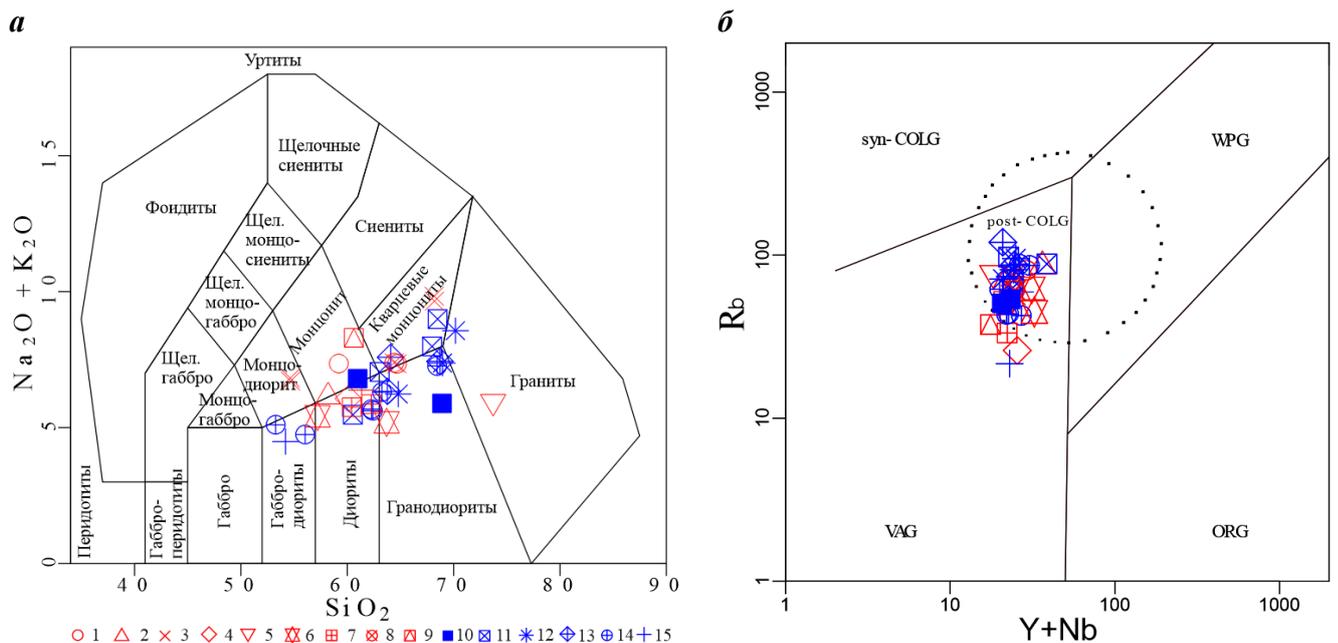


Рис. 10. Классификационная TAS (а – Middlemost, 1994) и дискриминационная Rb – Y+Nb (б – Pearce et al., 1984) диаграммы для гранитоидов Конгинской РМЗ и Эвенского рудного района ОЧВП.

Фигурные значки – состав гранитоидов в пределах рудных участков и месторождений: 1-9 – Конгинская РМЗ (красный цвет): 1 – Бодрый, 2 – Промежуточный, 3 – Бургагчан, 4 – Ущельный, 5 – Скрытый, 6 – Захаренко, 7 – Лабазное, 8 – Седой/Кустики, 9 – Желтый; 10-15 – Эвенский рудный район (синий цвет): 10 – Горный, 11 – Озерный, 12 – Туромча, 13 – Невенрекан, 14 – Перекатное, 15 – Альдигич.

Поля составов на диаграмме Пирса – геодинамические обстановки: syn-COLG – коллизионные, post-COLG – постколлизионные, WPG – внутриплитные, VAG – магматических дуг, ORG – океанических хребтов.

На TAS диаграмме (рис. 10а) точки составов гранитоидов викторинского (Конгинская РМЗ) и гармандинского (Эвенский рудный район) комплексов располагаются в одной области – от нормальнощелочных габбродиоритов до нормально- и умереннощелочных гранодиоритов и

гранитов; при этом гранитоиды Конгинской РМЗ отличаются повышенными концентрациями щелочей. Все гранитоиды относятся к I-типу магнетитовой серии, за исключением пробы гранита S типа ильменитовой серии с рудопроявления Горный (Эвенский рудный район).

На дискриминационной диаграмме Дж. Пирса – Rb – Y+Nb (Pearce et al., 1984) точки составов пород образуют плотное скопление в поле составов вулканических дуг (VAG), где большинство точек сосредоточено в постколлизивной области (рис. 10б).

Спектры распределения РЗЭ гранитоидов викторинского и гармандинского комплексов в целом имеют схожий рисунок – ярко выраженный Ta-Nb минимум, Pb максимум и глубокий Ti минимум; при этом гранитоиды викторинского комплекса обнаруживают умеренно повышенные концентрации высокозарядных элементов (HFSE) – Zr, Y, и крупноионных литофильных катионов (LILE) – Sr, Ba (рис. 11б).

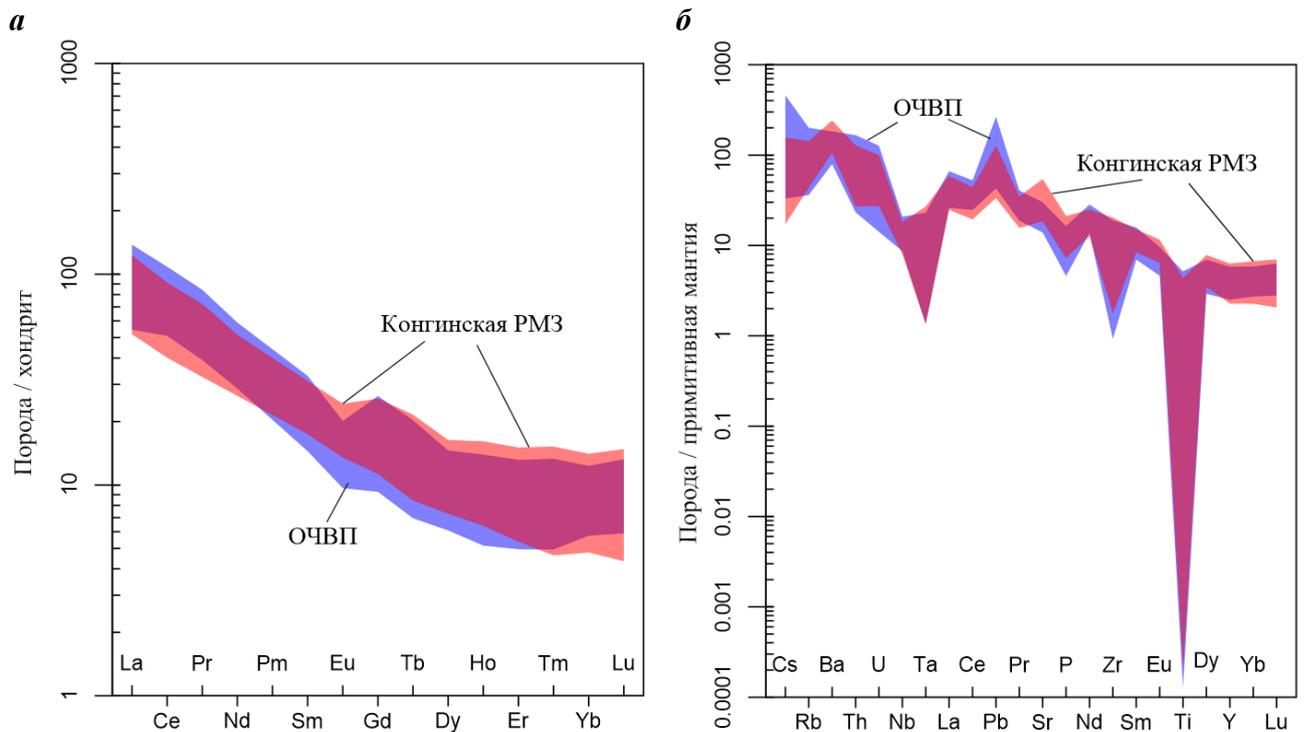


Рис. 11. Спайдерграммы распределения примесных элементов в гранитоидах Конгинской РМЗ и Эвенского рудного района (ОЧВП).

Нормированы по хондриту (а – Boynton, 1984) и примитивной мантии (б – McDonough, Sun, 1995).

В распределении концентраций редкоземельных элементов (REE) в гранитоидах викторинского и гармандинского комплексов отмечается обогащение легкими элементами (LREE) по отношению к тяжелым (HREE); гранитоиды викторинского комплекса отличаются относительно повышенными содержаниями HREE, тогда как гранитоиды гармандинского комплекса – повышенными LREE (рис. 11а). Европиевая аномалия проявлена слабо; незначительно – в гранитоидах гармандинского комплекса.

Содержания несовместимых элементов, согласно (Таусон, 1977), в породах викторинского комплекса соответствуют андезитовому и латитовому геохимическим типам, гармандинского – андезитовому и известково-щелочному.

Предполагается, что установленные геохимические отличия гранитоидов викторинского комплекса Конгинской РМЗ – повышенные щелочность, кремнекислотность и содержания LILE, могут быть связаны с удаленностью магматических очагов от палеозоны субдукции и вовлечением в процесс выплавления магм сиалического гнейсового фундамента ОМ (Глухов и др., 2022).

Для гранитоидных интрузий викторинского и гармандинского комплексов, расположенных в пределах рудных участков, выполнено изохронное датирование U-Pb методом по циркону. Так для монцодиоритов и диоритов, слагающих удаленные друг от друга на 80 км штоки в пределах рудопроявлений Захаренко и Кустики/Седое (Конгинская РМЗ), получены конкордантные значения возраста – 86.4 ± 1 млн лет (СКВО=0,79) и 86 ± 1 млн лет (СКВО=5.4), сантон (рис. 12а,б, 13; табл. Б1-Б4, приложение Б). Данные возрастные значения соответствуют временному отрезку, отвечающему максимуму магматической активности ОЧВП (Акинин, Миллер, 2011; Тихомиров, 2020) и границе раннего и позднего этапов эволюции вулканизма (Белый, 1994, Котляр, Русакова, 2004). Близкие значения установлены для гранитов массива Мрачный, расположенного у южного контура Конгинской РМЗ – 79 ± 1 млн лет, кампан, и интрузий кварцевых диоритов смежной Коркодон-Наяханской РМЗ – 86 ± 1.3 млн лет (U-Pb датирование по циркону, по Akinin et al., 2020; см. табл. Б.4, приложение Б).

Для Эвенского рудного района геохронометрический анализ выполнен по кварцевым монцонитам и гранодиоритам, слагающим штоки в пределах Туромчинской ВТД – рудные участки Невенрекан и Перекатное, расположенные в 5 км друг от друга. Конкордантные значения U-Pb возраста по циркону составили 77 ± 1 млн лет (СКВО=0.91) и 77 ± 1 млн лет (СКВО=1.9), кампан (рис. 12в,г; табл. Б2-Б4, приложение Б).

Следует отметить, что для мусковита из жил золото-редкометалльного месторождения Перекатное, расположенного в нескольких километрах от одноименного штока, датирование $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом показало спектр значений, среди которых выделяется кондиционное плато из 5 ступеней, отвечающее возрасту 89 ± 2 млн лет (СКВО=1.04; P=0.38; 78.2 % выделенного ^{39}Ar) (см. Глава 5). Тем самым полученные значения возраста оруденения оказываются древнее, чем имеющиеся датировки по гранитоидным штокам Туромчинской ВТД. Причиной тому может служить генетическая связь золото-редкометалльного оруденения с гранитоидным магматизмом альб-сенманского гармандинского комплекса, тогда как продатированные на площади рудных участков гранитоидные интрузии, вероятно, принадлежат более позднему, предположительно ахавеевскому (по ЛГС-200, Жуланова и др., 1999 г.) комплексу сантон-кампанского воз-

раста. В материалах Легенды для гранитоидов ахавеемского комплекса приводятся данные К-Аг датирования – 70-68 млн лет.

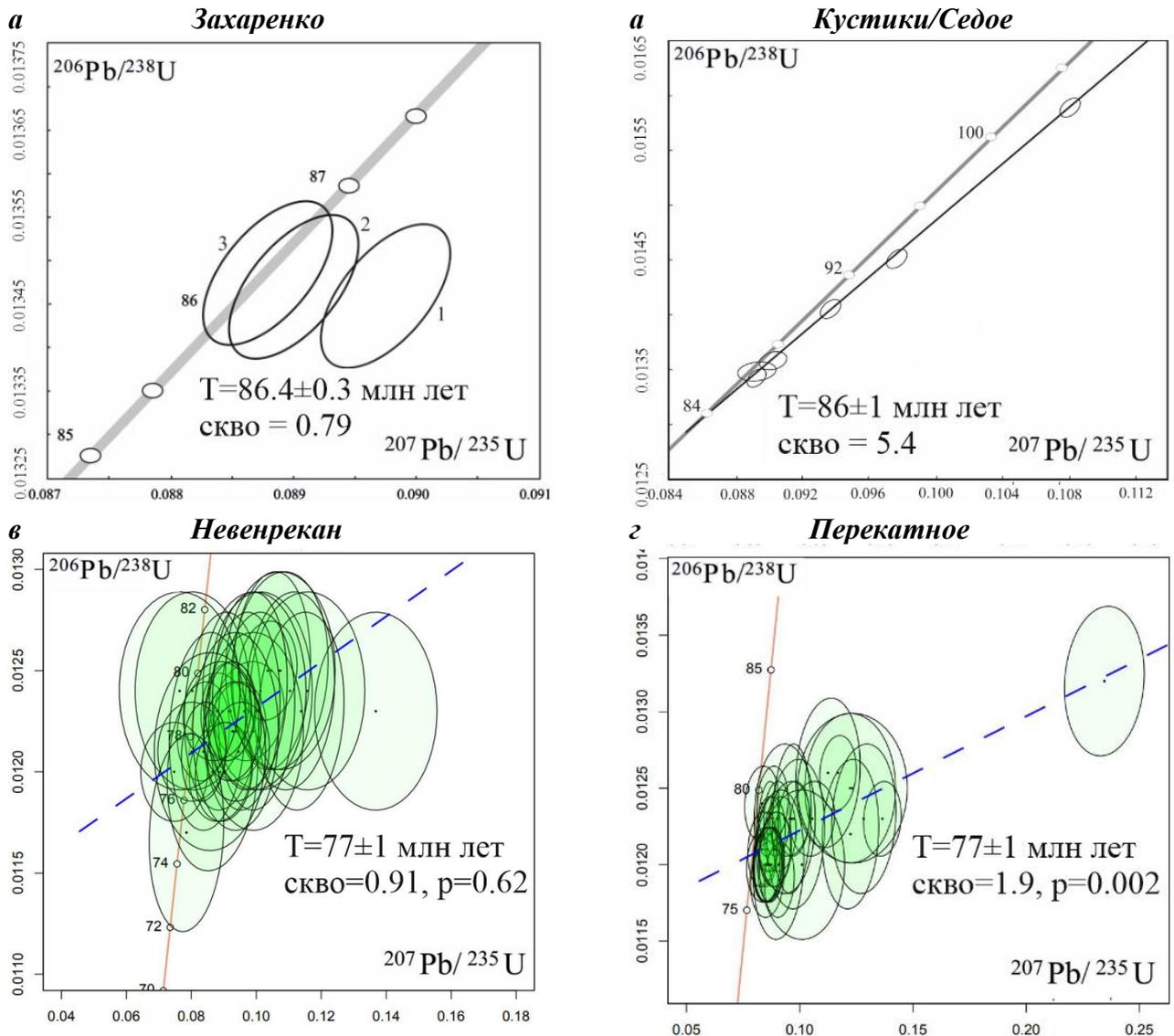


Рис. 12. Результаты U-Pb датирования циркона из позднемеловых гранитоидов.

Конгинская РМЗ, методом TIMS – участки: а) Захаренко, б) Кустики/Седое (Глухов и др., 2022) и Эвенский рудный район, методом LA-ICP-MS – участки: в) Невенрекан, г) Пережатное (Приймак и др., 2023б). Аналитические данные см. табл. Б1-Б4, приложение Б.

Анализ всей имеющейся геохронометрической информации по гранитоидному магматизму ОЧВП, показал две группы датировок, характеризующих ранний (альб-туронский, 102-89 млн лет) и поздний (сантон-кампанский, 86-77 млн лет) этапы магматизма (рис. 7; табл. Б.4, приложение Б). Отмечается закономерное распределение разновозрастных гранитоидных интрузий в пределах изучаемой площади (рис. 9а); так интрузивные тела, отвечающие раннему этапу магматизма, сосредоточены преимущественно в краевой южной части ОЧВП (внутренняя зона), наложенной на Удско-Мургкальский вулканогенный пояс (по Тихомиров, 2020), позднего этапа – в северной части ОЧВП (внешняя зона), в границах Конгинской и Коркодон-Наяханской МЗ. В целом, анализ совокупности материалов изотопного датирования гранитоид-

ных комплексов ОЧВП и прилегающего Удско-Мургальского вулканогенного пояса позволяет допустить, что группа датировок 97-89 млн лет, характеризующих Тайгоносскую зону Удско-Мургальского пояса, отражает ранний этап активизации магматизма ОЧВП. Наиболее ярко это проявлено на гистограммах распределения изотопных U-Pb и Ar-Ar датировок магматических комплексов Охотско-Чукотского, и Удско-Мургальского вулканогенных поясов (Akinin et al., 2020), где на интервале 118-106 млн лет отчетливо фиксируется резкий спад магматической активности Удско-Мургальского пояса, а последующий всплеск магматизма – 108-96 млн лет, совпадает с возрастом наиболее древних стратонов ОЧВП (рис. 9б).

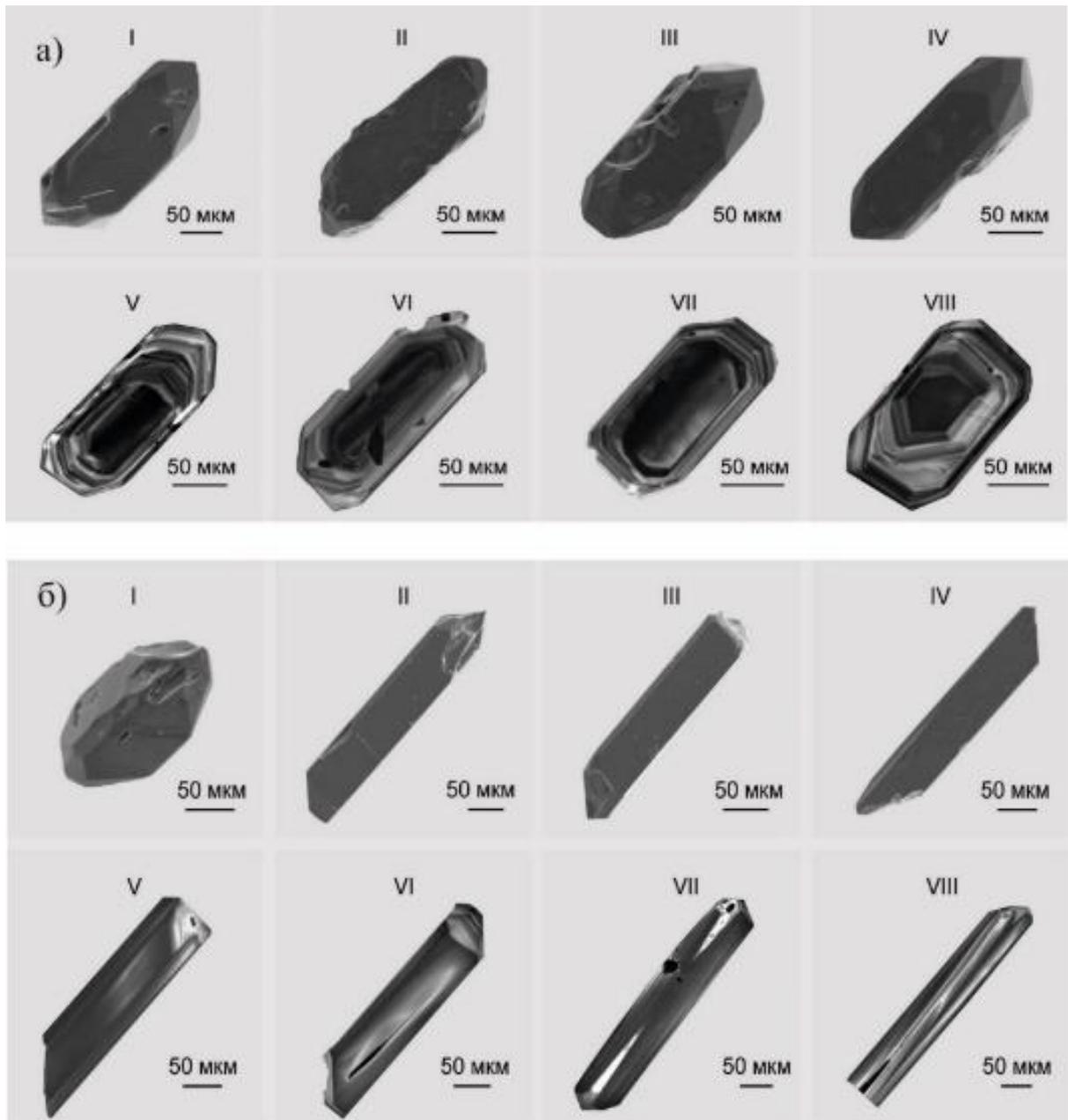


Рис. 13. Морфология и зональность цирконов в обратнорассеянных электронах и катодолюминесцентном излучении из гранитоидов викторинского комплекса Конгинской РМЗ.
а) Захаренко, б) – Кустики/Седое, по материалам (Глухов и др., 2022).

Химический состав и спектры распределения примесных элементов гранитоидов викторинского комплекса, распространенных в пределах Конгинской РМЗ, в целом имеют сходные характеристики с меловыми гранитоидами гармандинского комплекса, выделенными в Эвенском рудном районе Пенжинского сегмента ОЧВП. Тем самым, ранее сформировавшееся мнение большинства исследователей о принадлежности Конгинской магматической зоны к ОЧВП (его Пенжинскому сегменту) находит свое подтверждение на геохимическом уровне. Выявленные различия в составе гранитоидов Конгинской зоны – повышенные щелочность, кремнекислотность и содержания LILE, предположительно связаны с удаленностью Конгинской структуры от палеозоны субдукции, а также вовлечением в процесс выплавления магмы сиалического гнейсового материала фундамента ОМ (Глухов и др., 2022).

Совокупность геохронологической информации по гранитоидным интрузиям Конгинской и Коркодон-Наяханской РМЗ и Пенжинского сегмента ОЧВП обнаруживает две группы датировок: 102-89 млн лет (альб-турон) и 86-77 млн лет (сантон-кампан), отвечающих раннему и позднему этапам развития ОЧВП, по (Котляр, Русакова, 2004; и др., см. табл. 4) или периодам (импульсам) интенсивного магматизма, по (Акинин, Миллер, 2011; Тихомиров, 2020). Отсутствие альбских датировок среди гранитоидов Конгинской и Коркодон-Наяханской РМЗ подтверждает ранее установленный асинхронный характер магматизма со смещением активности с континентальной окраины – внутренней зоны ОЧВП, в глубь континента (Тихомиров, 2020).

ГЛАВА 5. ГЕОЛОГИЯ, ВЕЩЕСВЕННЫЙ СОСТАВ И ВОЗРАСТ ПОЗДНЕМЕЛОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА ОМОЛОНСКОГО МАССИВА И ЕГО ОБРАМЛЕНИЯ³

В пределах изучаемого региона меловые стратифицированные вулканогенные образования и гранитоидные интрузии Конгинской РМЗ и Эвенского рудного района вмещают многочисленные месторождения и рудопроявления золота и серебра. Их пространственное размещение контролируется глубинными разломами (северо-западного и субширотного простирания), расположенными на сочленении с кольцевыми и дуговыми разрывами, ограничивающими интрузивно-купольные поднятия или вулкано-тектонические просадки. Большинство рудопроявлений приурочено к контактовым зонам гранитоидных интрузий викторинского и гармандинского комплексов, которые нередко находятся далеко за пределами области распространения меловых вулканитов Пенжинского сегмента ОЧВП и Конгинской РМЗ, охватывая центральную и южную части ОМ (см. рис. 1, 2). Что позволяет, вслед за Р.Б. Умитбаевым (1986), говорить о существовании в задуговых областях ОЧВП (в перивулканической зоне) вулканогенного и плутогенного оруденения, ареал распространения которых существенно шире традиционно выделяемых границ вулканического пояса.

При таком рассмотрении, вопрос о генетической (в ряде случаев – пространственной) связи месторождений мелового возраста с ОЧВП, а в пределах пояса принадлежности к тому или иному магматическому комплексу, становится ключевым. Зачастую основным критерием здесь выступают данные по оценке возраста оруденения и ближайшего к нему магматизма. История изотопно-геохронологических исследований на СВ России (Котляр и др., 2001) наглядно демонстрирует неоднозначность интерпретации многочисленных материалов по рудным объектам, расположенным как в пределах ОЧВП, так и ОМ.

Согласно классификациям (Sillitoe, Hedenquist, 2003; Hart, 2007) меловые месторождения и рудопроявления золота и серебра, сосредоточенные в пределах Эвенского рудного района и

³ При подготовке данного раздела диссертации автором использованы следующие публикации, выполненные им лично или в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования:

1. Прийменко В.В., Глухов А.Н., Фомина М.И., Михалицына Т.И. Интрузивный этап развития вулканоструктуры и Au-Ag оруденения на примере месторождения Невенрекан (Магаданская область, Россия) // Вулканогеология и сейсмология. 2020. № 5. С. 13–25 (1.75 п.л., авторский вклад – 70%). DOI: 10.31857/S0203030620050041. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 1.246.

2. Глухов А.Н., Прийменко В.В., Фомина М.И., Акинин В.В. Металлогения Конгинской зоны Омолонского террейна (Северо-Восток Азии) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2021. № 2. С. 3–16. ВАК/МГУ (1.87 п.л., авторский вклад – 30%). DOI: 10.34078/1814-0998-2021-2-3-16. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 0.33.

Конгинской РМЗ, принадлежат золото-серебряному, золото-редкометалльному, медно-молибден-порфировому, полиметаллическому (с золотом и серебром) типам оруденения. Ряд месторождений и рудопроявлений достаточно уверенно классифицируются и могут служить эталонными объектами. Для других принадлежность к тому или иному типу остается дискуссионной, требующей привлечения новых данных. Применительно к классификации R.H. Sillitoe, J.W. Hedenquist (2003) и C.J.R. Hart (2007) происхождение анализируемых золото-серебряных объектов допустимо связать со следующими рудно-магматическими системами (РМС):

- 1) порфирово-эпитермальная, включающая минерализацию:
 - золото-серебряную высокосульфидированную (HS – High sulfidation) – рудопроявление Туромча (Глухов, 2011; Приймненко, Поздеева, 2022) и Бодрое, и среднесульфидированную (IS) – рудопроявление Джелты, Ясное, Рудоком, Суоровое и др.,
 - медно-молибден-порфировую – рудопроявления Захаренко и Лабазное;
- 2) золото-редкометалльная (RIRGS – Reduced intrusion related gold systems) – месторождение Перекатное и около десятка рудопроявлений Эвенского рудного района (Кузнецов и др., 2001 г.);
- 3) золото-серебряная низкосульфидированная (LS – Low sulfidation) – месторождения Сопка Кварцевая, Ирбычан, Дальнее, Ороч, Альдигич;
- 4) серебро-полиметаллическая (как дистальная часть порфирово-эпитермальной и золото-редкометалльной РМС) – рудопроявления Кустики/Седое, Аура, Радуга, Галенитовое, Жаркое, Спейс и др. (Кузнецов и др., 2001; Кравцова, 2010; Глухов и др., 2021б,г,е).

Традиционно золото-редкометалльную (RIRGS) и порфирово-эпитермальную РМС, продуцирующих промышленное золото и серебро, связывают с гранитоидами активных континентальных окраин, в том числе и андского типа (Зоненшайн и др., 1976; Геодинамика ..., 2006; Hart, 2005; Sillitoe, 2010; и др.). Эпитермальную золото-серебряную минерализацию (LS), широко проявленную в пределах развития активных континентальных окраин, принято рассматривать как производную вулканогенно-гидротермальной геотермальной системы. Процесс вскипания рудоносных флюидов и осаждение рудных элементов нередко соотносят с внедрением базальтовых мантийных магм (Sillitoe, Hedenquist, 2003).

5.1. Золото-серебряное оруденение

Основываясь на пространственно-генетической связи золото-серебряного оруденения с разноглубинными магматическими очагами, наличии характерного комплекса рудных минералов, составе рудообразующих растворов, окислительного состояния серы в гидротермах и др., выделяют следующие геолого-генетические типы:

1) Эпитермальный золото-серебряный вулканогенный; в англоязычной литературе именуемый как низкосульфидированный – LS (Low sulfidation deposits). Характерными представителями являются – крупнейшие месторождения ОМ – Кубака (среднепалеозойское), и ОЧВП – Купол (меловое); а также месторождения Хаканджа (Западный сегмент ОЧВП) и в регионе исследования – Сопка Кварцевая, Дальнее, Ороч, Ирбычан, Альдигич (Пенжинский сегмент ОЧВП), и многие другие.

2) Среднесульфидированный – IS (Intermediate-sulfidation deposits) рассматривается как часть порфирово-эпитермальной РМС. Данный тип месторождений в России слабо классифицирован. Отличительная черта – приуроченность жильных тел к дистальной части порфировой рудно-магматической системы (Sillitoe, Hedenquist, 2003; Sillitoe, 2010). К таковым в изучаемом регионе наиболее близки золото-серебряные полисульфидные рудопроявления Джелты, Ясное, Рудокон, Суровое (Кузнецов и др., 2001 г.). В пределах Конгинской РМЗ с данным типом соотносится рудопроявление Джелты (Глухов и др., 2021e). Среди многочисленных зарубежных аналогов можно выделить месторождение Виктория, расположенное на Филиппинах (Claveria, 2001), Чилийское месторождение Рио-дель-Медио (Jannas et al., 1999), месторождение Чиуфен-Утаньшань о. Тайвань (Tan, 1991) и многие другие;

3) Алунит-кварцевый или высокосульфидированный – HS (High sulfidation deposits, Hedenquist, 1987), также рассматривается как часть порфирово-эпитермальной РМС. Широко представлен многочисленными зарубежными рудными объектами – Янакоча (Перу), Лепанто (Филиппины), Пуэбло Вьехо (Доминиканская Республика) и многие другие (Sillitoe, Hedenquist, 2003; Sillitoe, 2010). Для СВ региона остается слабо изученным (невостребованным); единственный яркий представитель в пределах ОЧВП – месторождение Светлое (Ульинская ВТД, Западный сегмент ОЧВП) (Мишин, 2011).

5.1.1. Золото-серебряное оруденение низкосульфидированного типа (LS)

Золото-серебряное оруденение низкосульфидированного типа традиционно связывают с процессами растяжения земной коры и рифтогенезом (Corbett, Leach, 1998), когда в преддверии мощного базитового или бимодального вулканизма формируются субвулканические тела кислых субщелочных интрузий и их эксплозивных брекчий, парагенетически связанных с золото-серебряной минерализацией (Corbett, Leach, 1998; Sillitoe, Hedenquist, 2003).

Данный тип оруденения широко проявлен на ОМ; к нему относится и одно из самых крупных на СВ месторождений Кубака, связанное с формированием среднепалеозойского Кедонского ВП (Егоров, Шерстобитов, 2000; Горячев и др., 2017). Следует отметить, что время формирования кубакинских руд до сих пор остается предметом дискуссии; их возраст разными

исследователями трактуется от мелового до раннекаменноугольного (Котляр и др., 2001). Тем самым, золото-серебряные месторождения данного типа, локализованные в структурах ОЧВП или генетически связанные с его формированием, представляют особый интерес.

В пределах ОЧВП ярким представителем является месторождение Купол (Чукотский АО), расположенное в пределах Верхнеяблонской металлогенической зоны (Центрально-Чукотский сегмент ОЧВП). Описание геологического строения, структуры и минералогеохимических особенностей месторождения Купол приведено в работе А.Н. Глухова (2008), монографии Н.Е. Саввы (2018) и др. Месторождение приурочено к периферической части Мечкеревской ВТД, ограниченной региональными разломами с кольцевыми разрывами. В строении вулканоструктуры участвуют позднемеловые андезиты, андезибазальты и их туфы вилковской толщи и туфы и игнимбриты риолитов еропольской толщи, которые прорываются позднемеловыми субвулканическими и малыми интрузивными телами дацитов, риолитов и базальтов. Для андезитов и андезибазальтов вилковской толщи отмечается повышенная концентрация Ва и пониженная Сг и Ni, что является характерной чертой андезитов золотоносных вулканоструктур (по Котляр, 1986). С дайками риолитов пространственно сопряжены изометричные тела взрывных брекчий дацитов с обломками андезитов и риолитов в тонкозернистом кварцсерицитовом цементе; вблизи рудных тел брекчиевые образования насыщены обломками жильного кварца и содержат повышенные количества золота и серебра. Руды характеризуются типичными для эпитермального оруденения текстурами – колломорфно-полосчатой, каркасно-пластинчатой, кокардовой, друзовой, крустификационной, массивной и большим разнообразием брекчиевых. Основные жильные минералы руд – кварц, адуляр, гидрослюда, серицит, хлорит; рудные – пирит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, акантит, сульфосоли серебра и меди; главные промышленные – самородное золото и электрум. Среднее отношения Au к Ag составляют 1:6; отмечаются высокие концентрации As, Sb, Se в меньшем количестве – Zn, Cu, Pb. Содержание золота в рудах от 0.01 до 100, редко 2622 г/т (среднее по месторождению – 21.5 г/т), серебра – от 0.5-10 до 500, редко 32417 г/т (среднее по месторождению – 266.6 г/т). В составе рудных тел установлено более 50 минералов (см. Савва, 2018, стр. 289). Оруденение отнесено к золото-серебряной формации золото-сульфосольного и золото-галенит-сфалеритового минералогеохимического типов.

Материалы изотопного датирования вмещающих пород и рудных тел месторождения Купол включают данные:

- К-Ag определения возраста метасоматически измененных андезитов вилковской толщи и риолитов еропольской – 89 ± 4 и 81 ± 3 млн лет соответственно, и даек риолитов – 82 ± 1 и 76 ± 2 млн лет (Леонова и др., 2007);

- U-Pb датирования по циркону из андезитов вилковской толщи – 97 ± 1 и 96 ± 1 млн лет, риолитов еропольской – $95\pm 1,5$ млн лет, дайковых и субвулканических тел риолитов и риодацитов от 92 до 85 млн лет (Thomson et al., 2022);

- Ar-Ar оценка «плато» адуляров из рудных тел – 93.5 ± 1 млн лет (Thomson et al., 2022).

Совокупность геолого-геохронологических данных позволяет считать возраст оруденения 95-92 млн лет, что соответствует временному интервалу раннего этапа тектономагматической активизации ОЧВП (101-85 млн лет).

Для Эвенского рудного района (рис. 14) к оруденению данного типа отнесены месторождения Сопка Кварцевая, Дальнее, принадлежащие к Туромчинскому рудному узлу (Кравцова, 2010; Савва, 2018; Кравцова и др., 2023), и месторождения Ирбычан и Ороch, составляющие одноименные рудные узлы (Стуржков, Константинов, 2005; Горячев и др., 2017; Савва, 2018).

Золото-серебряные месторождения – Сопка Кварцевая, Дальнее, Альдигич, Туромчинского рудного узла расположены вдоль восточной окраины Туромчинской ВТД в виде линейной зоны северо-западного направления (см. рис. 14).

Месторождение Ирбычан находится в краевой юго-западной части одноименной ВТД (рис. 15). К краевой части вулканической депрессии приурочено рудное поле месторождения Ороch, которое расположено в зоне пересечения Мечевеевского и Гольцовского глубинных разломов (см. Савва, 2018, стр. 281). Такая приверженность к структурам вулканических просядок (или депрессий) характерна для большинства золото-серебряных месторождений данного типа, что отмечается большинством исследователей.

В границах рудных полей перечисленных месторождений, рудовмещающие меловые стратифицированные вулканогенные и вулканогенно-осадочные толщи прорваны позднемеловыми субвулканическими интрузиями. Рудные тела представлены адуляр-кварцевыми, карбонат-кварцевыми жилами, нередко имеющими характерную коломорфно-полосчатую и каркасно-пластинчатую текстуры (Горячев и др., 2017; Савва, 2018). Образование данных месторождений отличается флюидным режимом, для которого согласно (Sillitoe, Hedenquist, 2003) показательно следующее:

- полная гомогенизация флюидных включений в жильном кварце при температурах до 300°C ;
- хлоридные слабосоленые растворы с охлаждением метеорными водами $\text{pH} = 4-7$;
- содержания эквивалента NaCl до 1.5-3.5 масс. % определяется растворенными газами CO_2 и H_2S .

Метасоматическая зональность от рудных жил к периферии рудного поля; в обобщенном виде выражена околорудной адуляризацией и гидрослюдизацией, которая на удалении от рудных жил сменяется хлоритизацией и карбонатизацией, при этом интенсивная приповерхностная

каолинитизация может служить индикатором слабой эродированности оруденения (Hedenquist, Henley, 1985; Sillitoe, Hedenquist, 2003).

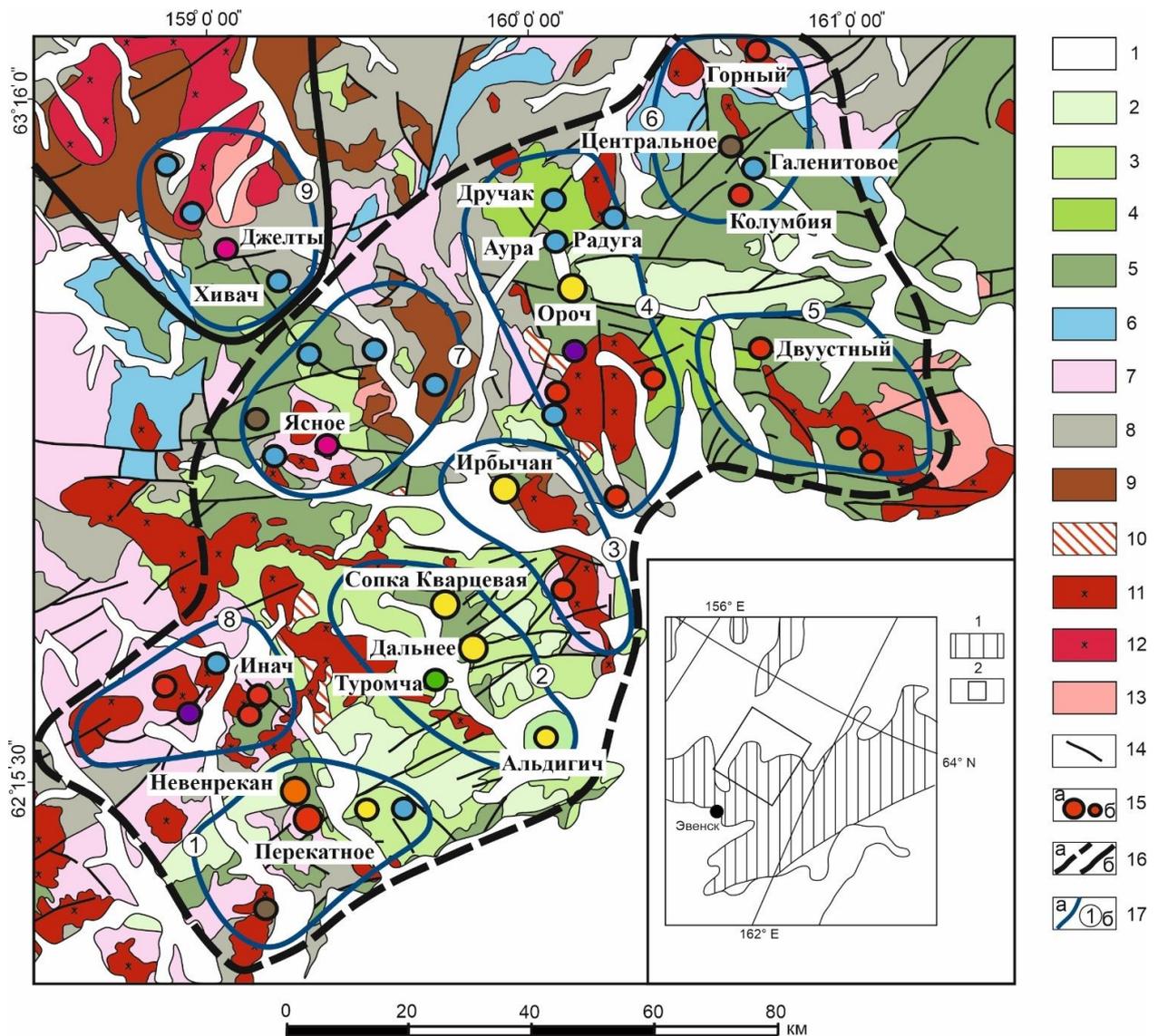


Рис. 14. Геологическая карта Эвенского рудного района (юго-западная часть Пенжинского сегмента ОЧВП) и южной части Конгинской РМЗ, по материалам (Кузнецов и др., 1998, 2001 г.; Усачев и др., 2007 г.; Кравцова, 2010) с изменениями и добавлениями.

1 – четвертичные и неогеновые отложения; 2 – эоценовые и кампанские(?) андезибазальты (платобазальты) стадии растяжения; 3-5 – стратифицированные вулканиты позднего (3) и раннего (4) этапов эволюции ОЧВП, 5 – нерасчлененные; 6,7 – выходы терригенных, карбонатных, вулканогенно-терригенных пород юрских (6), триасовых (7) пород; 8 – каменноугольно-пермские осадочные и вулканогенно-осадочные породы; 9 – среднепалеозойские вулканиты кедонской серии; 10-12 – гранитоидные интрузии: 10-11 – меловые порфировые (10) и полнокристаллические (11), 12 – позднепалеозойские; 13 – выступы дорифейского кристаллического фундамента; 14 – разломы; 15 – месторождения (а) и рудопроявления (б), цветом отмечены геолого-генетические типы: красным – золото-редкометалльные, желтым – низосульфидированные золото-серебряные, зеленым – золото-серебряные алунит-кварцевые, розовым – среднесульфидированные золото-серебряные, фиолетовым – медно-молибден-порфировые, синим – полиметаллические, коричневым – оловянные и олово-серебряные; 16 – контуры Эвенского рудного района (а), Конгинской РМЗ (б); 17 – контуры рудных узлов (а), цифры в кружочках (б) отмечены рудные узлы: 1 – Вархаламский, 2 – Туромчинский, 3 – Ирбычанский, 4 – Сумной; и потенциальные рудные узлы 5 – Мечивеевский, 6 – Июльский, 7 – Хивачский, 8 – Гармандинский, 9 – Коаргычанский. На врезке – схема районирования ОЧВП, по (Белый, 1977): 1 – ОЧВП; 2 – границы геологической карты Эвенского рудного района.

Описание истории изучения, геологического строения, минералогии, рудообразования и пр. золото-серебряных месторождений Сопка Кварцевая, Дальнее и Ороц приведено в многочисленных производственных отчетах (начиная с середины 60-х годов прошлого столетия и по ныне), журнальных публикациях и монографиях (Кравцова, 2010; Савва, 2018; Горячев и др., 2017; и др.).

Для золото-серебряного месторождения Ирбычан, выполнено детальное описание, основанное на материалах, полученных автором в ходе полевых работ 2019, 2020 гг., а также фондовых производственных отчетов (Животнев, 1975 г.; Белоглазов, Мальцев, 1977 г.; и др.).

Месторождение Ирбычан располагается в центральной части Эвенского рудного района (рис. 14), в долине руч. Свободный (среднее течение р. Гижига), и является единственным месторождением одноименного рудного узла (Стружков, Константинов, 2005). Приурочено к локальной Хивгичанской вулканической просадке, которую выделяют в качестве составной части Ирбычанской вулканогенно-тектонической депрессии ОЧВП (рис. 15). Депрессия расположена в зоне влияния Доктомычанского и Гижигинского глубинных разломов северо-восточного и северо-западного простирания (Животнев, Литовченко, 1977).

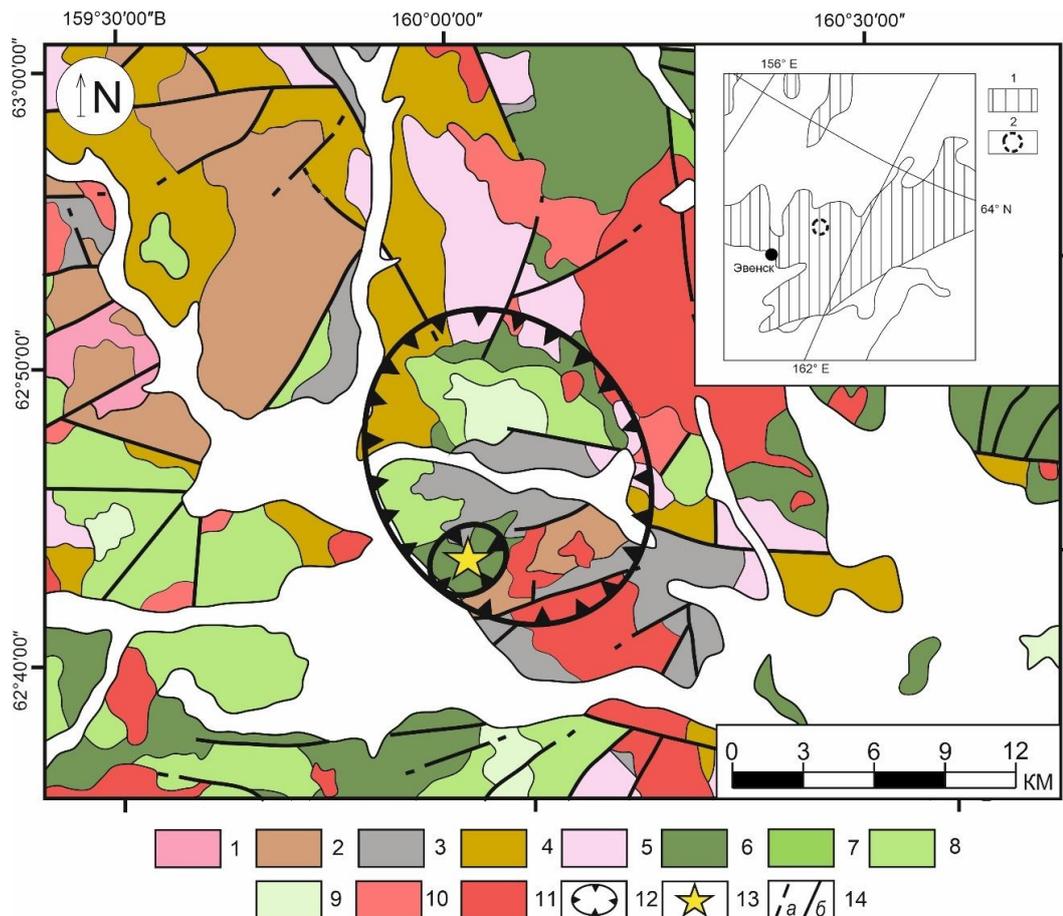


Рис. 15. Геолого-структурная схема Ирбычанской вулканогенно-тектонической депрессии, по материалам (Животнев, Литовченко, 1977; Кузнецов и др., 1998-2001 гг.) с добавлениями и изменениями. 1 – выступы дорифейского кристаллического фундамента; 2 – среднепалеозойские вулканы кедонской серии; 3-5 – терригенные, карбонатные и вулканогенно-осадочные отложения: 3 – каменноугольные, 4 – пермские, 5 – триасовые; 6-9 – вулканогенные образования ОЧВП: раннего этапа (6), нерасчлененные (7-9); 10 – пермские; 11 – триасовые; 12 – разломы; 13 – месторождение Ирбычан; 14 – разломы.

(7), позднего этапа андезитовой и риолитовой формации (8) и «верхние базальты» (9); 10,11 – меловые гранитоиды гармандинского комплекса: полнокристаллические (10), порфириовидные (11); 12 – Ирбычанская ВТД и локальная Хивгичанская вулканогенная просадка; 13 – месторождение Ирбычан; 14 – разломы предполагаемые (а), установленные (б).

На врезке – схема районирования ОЧВП, по (Белый, 1977): 1 – ОЧВП; 2 – месторасположение и границы Ирбычанской вулканотектонической депрессии.

Рудовмещающие стратифицированные вулканогенные образования представлены игнимбритами риолитов и дацитов вархаламской толщи и туфами андезитов тайночинской свиты раннего и позднего мела. Вулканогенные толщи прорваны позднемеловыми субвулканическими дайками андезитов, дацитов и их эксплозивных брекчий, с которыми предполагается парагенетическая связь золото-серебряного оруденения. Рудное поле вытянуто в субширотном направлении; все породные разности в его пределах пропилитизированы. Породы, выведенные на дневную поверхность вблизи жильных зон, интенсивно каолинитизированы (рис. 16-19); в нижних горизонтах каолинитизация сменяется хлоритизацией и карбонатизацией. Околорудные изменения представлены гидрослюдизацией (рис. 18).

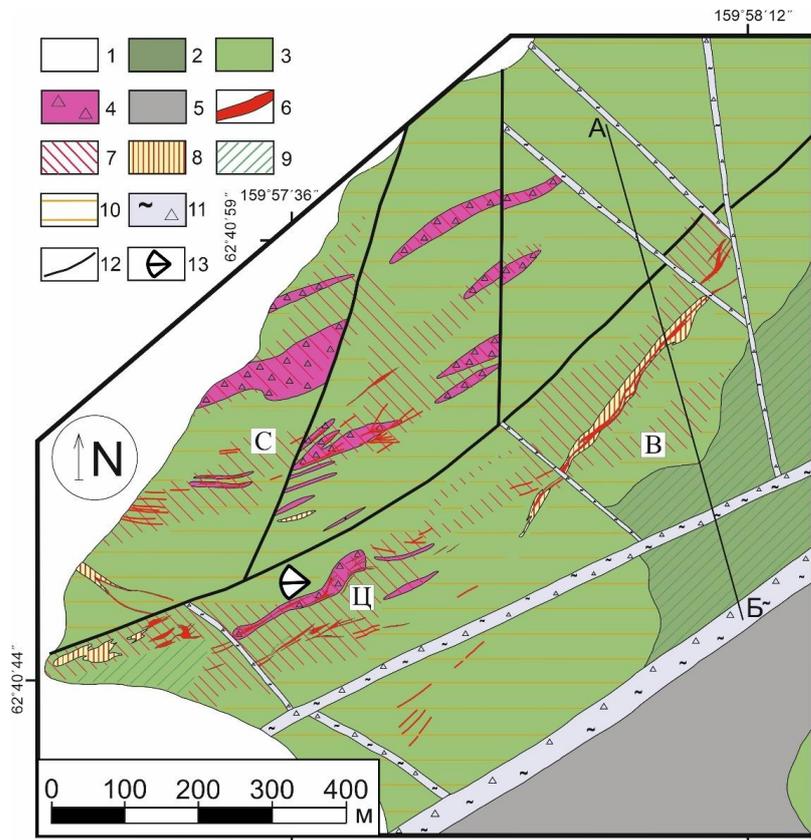


Рис. 16. Геологическая карта Ирбычанского рудного поля, по материалам (Белоглазов и др., 1978 г.; Шаповалов, 1980 г.) с изменениями и добавлениями.

1 – четвертичные отложения; 2,3 – вулканогенные образования раннего этапа ОЧВП: 2 – игнимбриты и туфы риодацитов и риолитов вархаламской толщи, 3 – лавы и туфы андезитов тайночинской свиты; 4 – меловые субвулканические тела, эксплозивные брекчии дацитового состава; 5 – раннекаменноугольные песчаники, алевролиты и известняки аханджинской толщи; 6 – жилы адуляр-карбонат-кварцевого состава; 7 – зоны прожилкования; 8-10 – метасоматиты, фации: 8 – кварц-адуляр-гидрослюдистой, 9 – хлорит-гидрослюдистой, 10 – кварц-каолинит-гидрослюдистой; 11 – картируемые зоны катаклаза вдоль крупных разломов; 12 – дешифрируемые разломы; 13 – место и направление фотосъёмки (см. рис. 17). Буквами обозначены: В – Восточная, Ц – Центральная, С – Северная рудные зоны; АБ – линия геологического разреза Восточной рудной зоны (см. рис. 17).



Рис. 17. Общий вид на буровые площадки Центральной рудной зоны месторождения Ирбычан (долина реки Гижига, руч. Ирбычан).

Интенсивно каолинизированные туфы и игнимбриты риодацитов вархаламской толщи как показатель неглубокого уровня эрозионного среза эпitherмальных золото-серебряных месторождений (LS). Направление фотосъемки на запад (см. рис. 16).

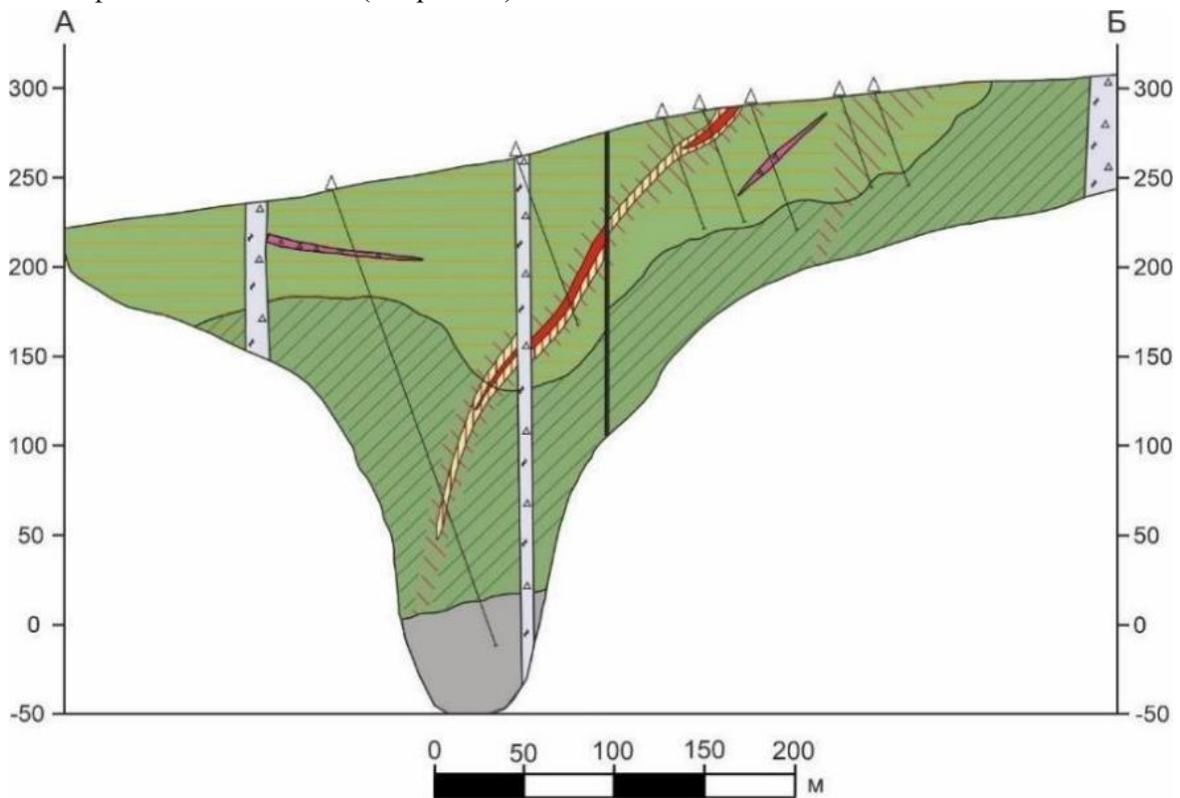


Рис. 18. Геологический разрез Восточной рудной зоны месторождения Ирбычан по линии АБ. Условные обозначения и линия разреза на рис. 16. Треугольники – устья скважин колонкового бурения.

а



б

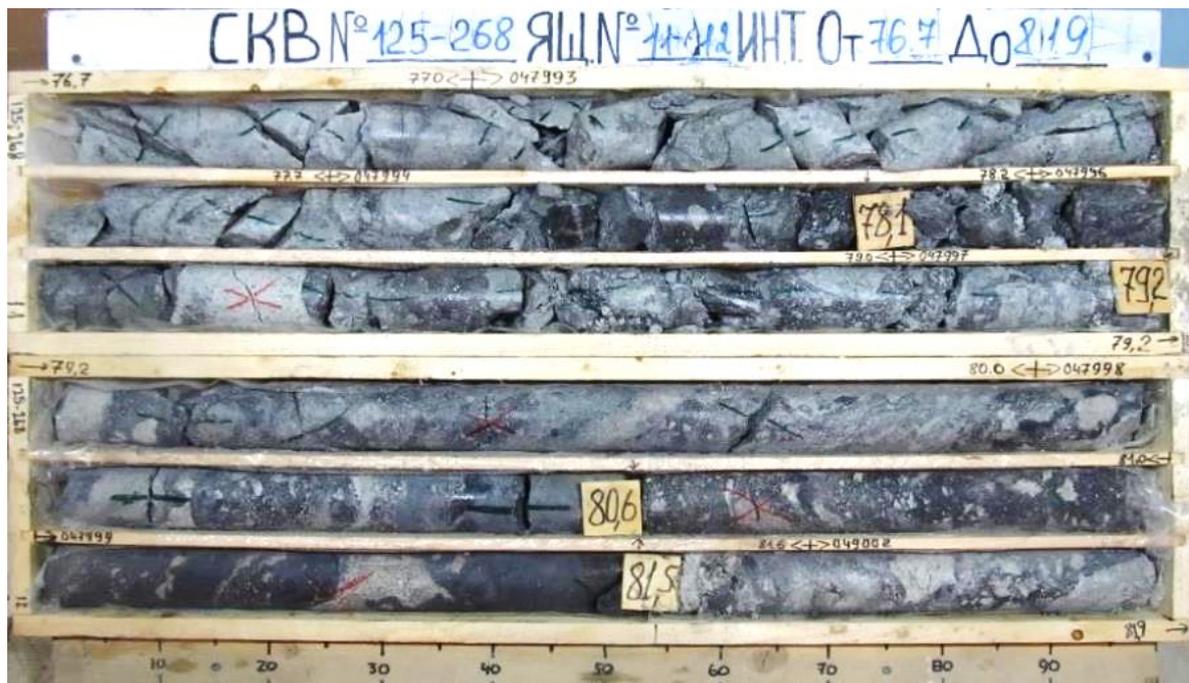


Рис. 19. Керн скважин с месторождения Ирбычан (диаметр HQ – 63.5 мм).

а) Скважина № 175-234, интервал 55.7 - 59.9 м – типичная сульфид-адуляр-карбонат-кварцевая жила с брекчиевидной, колломорфно-полосчатой и массивной текстурой руд в интенсивно гидрослюдизированном и окварцованном игнимбрите дацита.

б) Скважина № 125-268, интервал 76.7 - 77.9 м – игнимбрит риодацита, окварцованный и гидрослюдизированный; интервал 77.9 - 81.9 м – субвулканическая эксплозивная брекчия дацитового состава.

В пределах рудного поля выделены три жильно-прожилковые зоны – Восточная, Центральная и Северная, вытянутые в северо-восточном направлении (рис. 16). Рудные тела зон

представлены серией жил, сложенных преимущественно скрытокристаллическим и мелкокристаллическим кварцем, в меньшей степени карбонатами, с второстепенным количеством адуляра и содержанием рудных минералов до 10%. Жильные породы характеризуются кокардовой, каркасно-пластинчатой, брекчиевидной, колломорфно-полосчатой текстурой (рис. 19, 20).

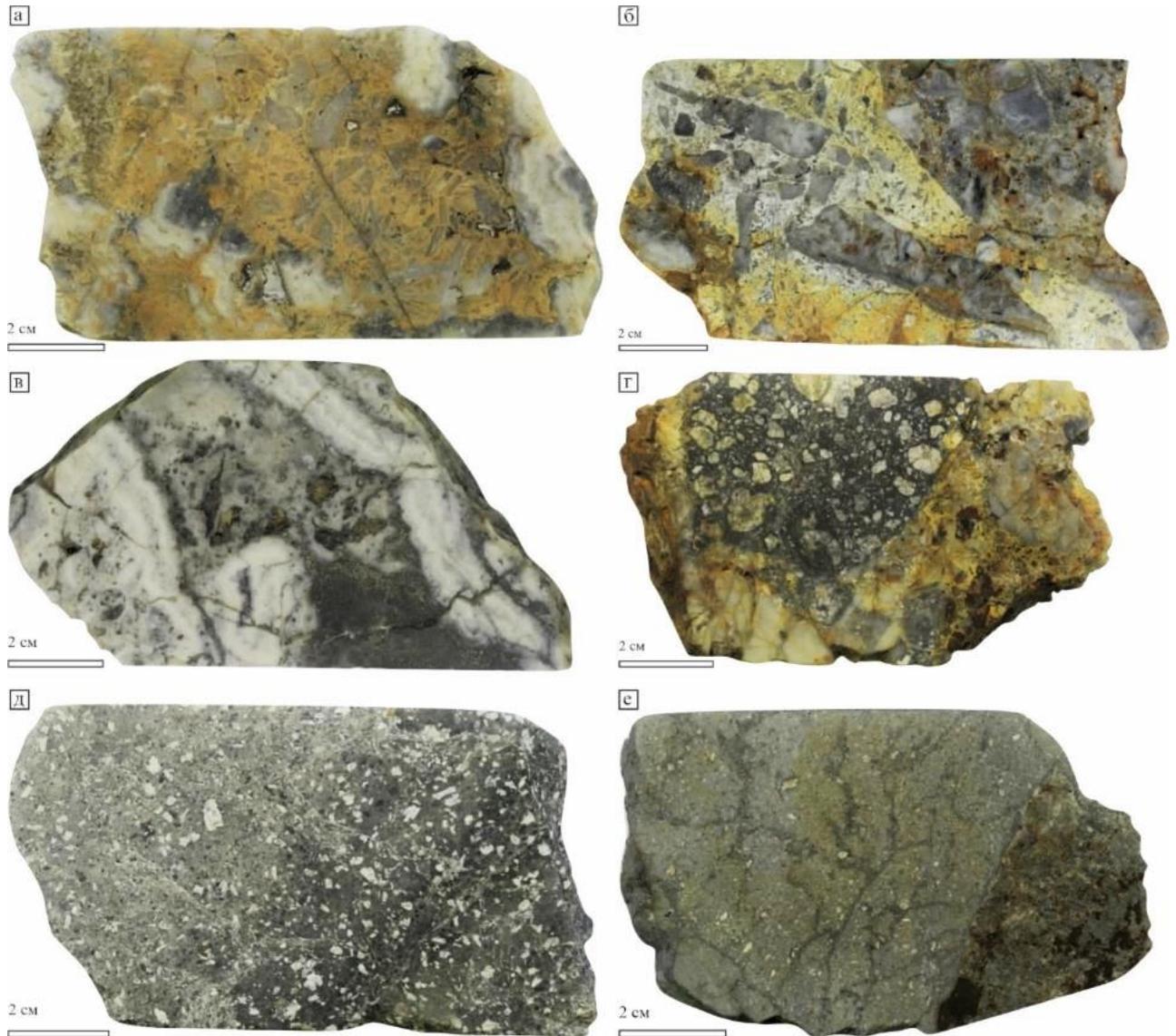


Рис. 20. Образцы из керна скважин (диаметр NQ – 47.6 мм).

а) адуляр-карбонат-кварцевая жила с брекчиевидной, каркасно-пластинчатой и колломорфно-полосчатой текстурой; б) гидротермальная брекчия с обломками осветленного игнимбрита риолита; в) сульфидно-адуляр-кварцевая жила с колломорфно-полосчатой текстурой; г) субвулканическая взрывная брекчия дацитового состава с кварцевыми прожилками по трещинам; д) хлоритизированный туф андезита; е) субвулканический андезит, интенсивно хлоритизированный.

Азимут падения рудных зон северо-западный; угол падения основных рудных тел 45-60° (рис. 18). Мощность рудных тел составляет от первых метров до 12 м, достигая максимума в единичных «раздувах»; протяженность рудных тел до 400 м (по падению прослеживаются до 200 м). Содержания полезных компонентов в рудах варьирует от первых единиц до десятков грамм на тонну золота, серебра – до первых тысяч. По состоянию на 1 января 2021 г. Государственным балансом РФ учитываются запасы для открытой отработки в количестве (ТКЗ 2017 г.

№ 54): золото С1 – 2.9 т, при среднем содержании 4.9 г/т (558 тыс. тонн руды), С2 – 348 кг (50 тыс. тонн руды); серебро С1 – 94 т, при средних содержаниях 159.5 г/т (<https://www.nedradv.ru/>, обращение за информацией на сайт 23.02.2023 г.).

На месторождении Ирбычан установлено большое количество минеральных видов с разной степенью распространенности (табл. 5). Главные рудные компоненты – серебро и золото, выражены следующими минералами: акантит, самородное серебро, золото, Ag-блеклые руды, Ag-сульфосоли, агвиларит, науманнит, штернбергит и серебросодержащие минеральные смеси, также отмечаются редкие обособления кюстелита (рис. 21, 22; табл. В.1-3, приложение В). Здесь следует отметить, что минеральный состав авторской коллекции руд (описания выполнены к.г.-м.н. М. И. Фоминой, СВКНИИ) не отличается большим разнообразием и представлен электрумом, кюстелитом, акантитом, фрейбергитом, тетраэдритом, науманнитом и др. Описание технологической пробы из руд месторождения Ирбычан (Шувал-Сергеев, Яковенко, 2017 г.), с одной стороны содержит ряд минеральных видов, не выявленных при минералогическом анализе; с другой – ряд минералов отсутствует (табл. В.3, приложение В).

Таблица 5. Минеральный состав жильных зон на месторождении Ирбычан (Приременко и др., 2020в).

Группы минералов	Главные	Второстепенные	Редко встречающиеся
Рудные	Пирит Марказит	Сфалерит Халькопирит Пирротин Акантит Se- акантит Самородное золото Ag-Fe-теннантит-тетраэдрит Fe-фрейбергит Ag-Zn-тетраэдрит	Галенит Арсенопирит Борнит* Никеллин* Раммельсбергит* Штернбергит* Науманнит Агвиларит* Цумоит* Миаргирит* Полибазит* Se-полибазит* Стефанит* Se-степфанит* Прустит* Пираргирит* Au-Ag-сплавы Самородное серебро
Гипергенные	Лимонит		Гидрооксиды Fe* Гидрооксиды Mn* Гидрооксиды Ti* Гётит* Церуссит*

Примечание. – Данные технологической минералогии (Шувал-Сергеев, Яковенко, 2017 г.)*

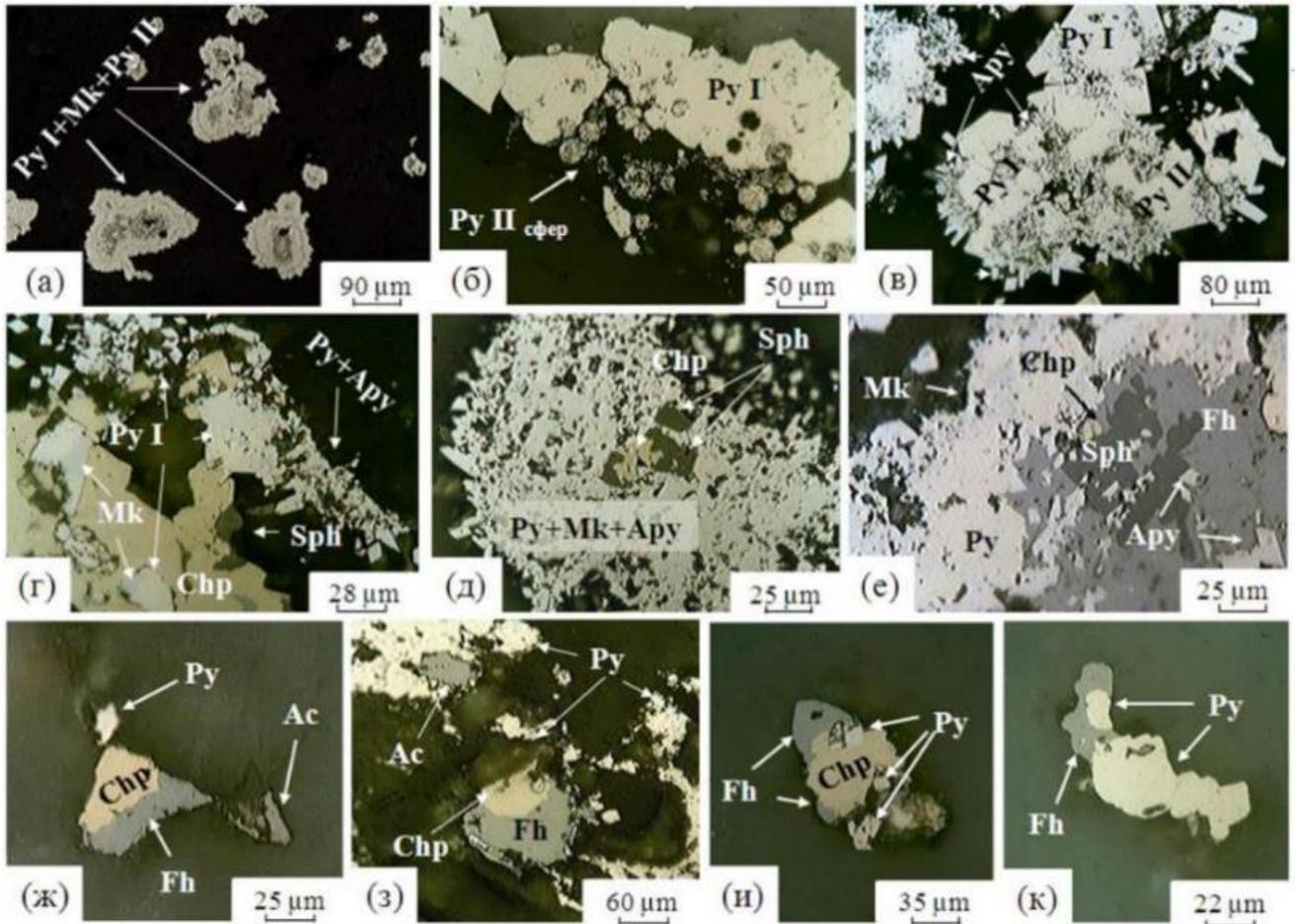


Рис. 21. Взаимоотношения рудных минералов на месторождении Ирбычан.

а) замещение пирита марказитом; б) срастание идиоморфного пирита (Py I) с наложенным сферическим пиритом (Py II); в) обрастание пирита марказитом и арсенопиритом; г) срастание халькопирит-блеклорудного агрегата с пиритом и сфалеритом (по периферии пирита отлагается арсенопирит и марказит); д) включения в пирит-марказит-арсенопиритовом агрегате реликтовых(?) халькопирита и сфалерита; е-к) срастания блеклой руды: е – со сфалеритом, арсенопиритом и халькопиритом, ж – с халькопиритом в пространственной ассоциации с пиритом и акантитом, з – с халькопиритом и пиритом в кварце, и – с пиритом и халькопиритом, к – с пиритом. Сокращения: Mk – марказит, Py – пирит, Apy – арсенопирит, Fh – блеклая руда, Sph – сфалерит, Chr – халькопирит, Ac – акантит.

Самородное золото (кюстелит-электрум) встречается как в свободном состоянии (рис. 22к-м), так и в срастании с акантитом, пиритом, сфалеритом и арсенопиритом (рис. 22е-ж). Размер золотинок 0.001 - 0.15 мм (преобладают 0.05 мм); частицы преимущественно ксеноморфного облика, светло- до ярко-желтого цвета. Самородное золото, образующее включения в кварце, характеризуется пробой от 437 до 668‰, в срастании с сульфидами – 504 - 525‰, в ассоциации с акантитом – отмечается неравномерное распределение пробы от 326 до 668‰. Средняя проба 500‰ (диапазон 325 - 695‰). По данным М.В. Шувал-Сергеева и М.А. Яковенко (2017 г.) средняя проба золота составляет 673 ‰, а в отдельно взятых образцах увеличивается до 720 ‰ (табл. В.2, приложение В).

На основании изучения взаимоотношений минералов и минеральных парагенезисов определено, что формирование оруденения связано с вулканогенным этапом, разделенным на несколько стадий. На начальном этапе отлагается пирит I и пирротин, содержащие включения

борнита, никелина и раммельсбергита. Вторая стадии характеризуется развитием полисульфидов, пирита II, самородного золота, Ag-сульфосолей и Ag-блеклый руд. В последнюю стадию отлагаются минералы серебра (акантит, самородное серебро, Au-Ag сплавы), серебрясодержащий пирит III, а по пириту ранних стадий развивается марказит, практически полностью заменяющая его (рис. 21).

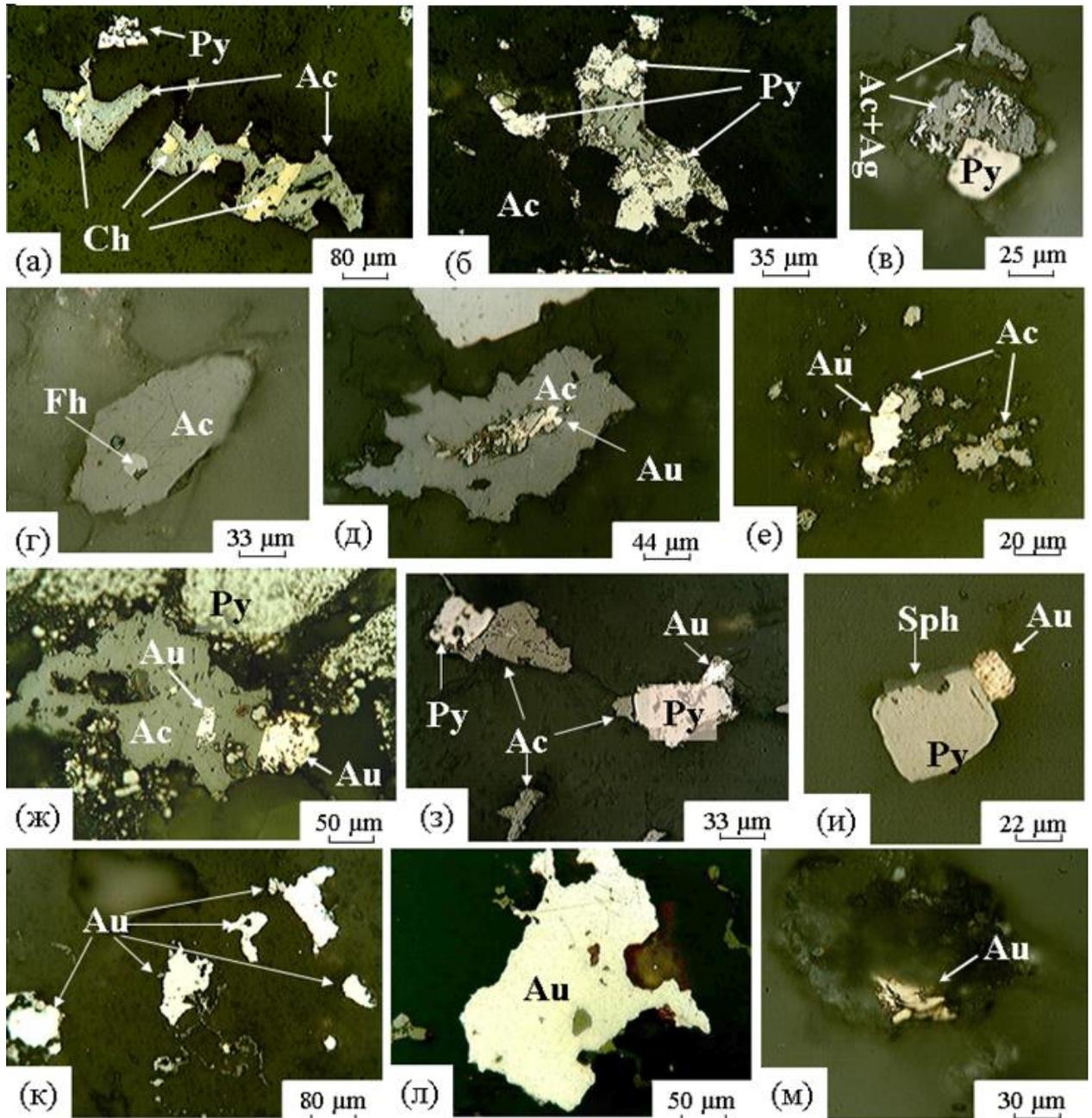


Рис. 22. Минералы, содержащие благородные металлы, и их срастания, установленные на месторождении Ирбычан.

а) срастание халькопирита и акантита; б,в) отложения акантита в срастании с пиритом; г) включение блеклой руды в акантите; д,е) ксеноморфное включение самородного золота в акантите; ж) акантит в срастании с пиритом и самородным золотом; з) самородное золото в срастании с пиритом, который, в свою очередь, срастается с акантитом; и) пирит в срастании с самородным золотом и сфалеритом; к-м) самородное золото в свободном состоянии в кварце. Сокращения: Py – пирит, Fh – блеклая руда, Sph – сфалерит, Chp – халькопирит, Ac – акантит, Ag – самородное серебро, Au – самородное золото.

Широкий набор минералов, полученный при объединении данных из разных источников, свидетельствует о малой эффективности изучения месторождения только по аншлифам из сколков руд или только минералогии концентратов из рудных сечений. Так сравнительный анализ минерального состава руд месторождений Эвенского рудного района (Сопка Кварцевая, Дальнее, Ирбычан, Ороч), включающий производственные материалы технологического опробования, показал их сходный состав с золото-серебряным месторождением Купол, расположенном в пределах Центрально-Чукотского сегмента ОЧВП (табл. 6). В этом ряду значимые отличия выявлены только для руд месторождения Невенрекан, детальному описанию которого посвящена Глава 6.

По результатам опробования, проведенного в ходе детального исследования месторождения Ирбычан, установлено: максимальное содержание золота – 23.9 г/т, серебра – 3173 г/т (при средних содержаниях Au – 3.7 г/т, Ag – 306 г/т); отношение золота к серебру 1:30-40; геохимический спектр руд – Ag-Au-As-Sb-Se (табл. А.2, приложение А).

На сегодняшний день золото-серебряные объекты Эвенского рудного района, относящиеся к эпитермальному вулканогенному (или низкосульфидированному, LS) типу, охарактеризованы ^{40}Ar - ^{39}Ar и Rb-Sr изотопными методами (табл. 7). Особое положение занимает месторождение Невенрекан, результатами проведенных исследований отнесенное к полигенному типу или рудному объекту с наложенной минерализацией (детальное описание приведено в Главе 6). Для данного месторождения основным (доминирующим) рудообразующим процессом является формирование эпитермального золото-серебряного оруденения, возраст которого определен результатами ^{40}Ar - ^{39}Ar датирования адуляра из адуляр-кварцевых жил, опробованных автором в ходе детальных полевых работ на площади Невенрекан-Перекактненского рудного узла. Полученное значение – 79.4 ± 1 млн лет (СКВО = 0.84, $p = 0.52$, выход $^{39}\text{Ar} = 85\%$ по шести ступеням) (рис. 23; табл. Б.5, приложение Б), согласуется с имеющимися данными по изотопному датированию золото-серебряных руд Эвенского рудного района (табл.7).

Совокупность геологических и изотопных данных по Эвенскому рудному району ограничивает возраст данного типа золото-серебряного рудообразования интервалом 83-77 млн лет (кампан), что с учетом ошибки приближено к возрасту золото-серебряных месторождений, расположенных в пределах прочих сегментов ОЧВП – рудопроявление Кегали 79.9 ± 0.2 млн лет (Пенжинский сегмент, Пареньский потенциальный рудный район), Утесное 81 млн лет и Карамкен 78.6 ± 0.2 млн лет (Охотский сегмент) (Лейер и др., 1997; Ньюберри и др., 2000) и др.

Таблица 6. Минеральный состав руд золото-серебряных месторождений Эвенского рудного района (Пенжинский сегмент ОЧВП) в сравнении с минералогией золото-серебряного месторождения Купол (Центрально-Чукотский сегмент ОЧВП).

Месторождения Минералы	Сопка Кварцевая	Дальнее	Ирбычан	Ороч	Купол	Невенрекан	
	Этапы оруденения*						
	ВГ	ВГ	ВГ	ВГ	ВГ	ВГ	П
Кварц	+	+	+	+	+	+	+
Халцедон	+	+	+	+	+	+	
Адуляр	+	+	+	+	+	+	
Гидрослюда	+	+	+	+	+	+	
Мусковит/ Серицит							+
Хлорит	+	+	+	+	+	+	
Гипс/Ангидрит	+	+	+		+	+	
Эпидот					+		+
Каолинит	+	+	+	+	+	+	
Кальцит/ Родохрозит	+	+	+	+	+	+	+
Анкерит		+		+		+	
Барит	+	+		+		+	
Ярозит	+		+	+	+	+	
Гипс	+	+			+		
Гематит					+	+	
Пирротин	+	+	+	+	+	+	
Пирит	+	+	+	+	+	+	
Галенит	+	+	+	+	+	+	
Евгенит				+			
Аргентогаленит							+
Сфалерит	+	+	+	+	+	+	+
Халькопирит	+	+	+	+	+	+	
Фрейбергит		+	+	+	+	+	
Теннантит				+	+	+	
Тетраздрит	+	+	+	+		+	
Антимонит	+						
Андорит					+		
Арсенопирит	+	+	+	+	+	+	
Марказит	+	+	+	+	+	+	
Борнит							+
Халькозин				+	+		
Канфилдит							+
Se-канфилдит							+
Станнин							+
Касситерит**							+
Агвиларит	+	+	+	+	+	+	
Науманнит				+	+	+	
Джемсонит					+		
Буданжерит					+		
Матильдит				+			+
Пираргирит	+	+	+		+	+	
Прустит	+	+	+				
Стефанит	+	+	+	+	+		
Полибазит	+	+	+	+	+	+	
Ялпаит				+			
Пирсеит	+	+		+	+		
Киноварь				+			
Мираргирит	+	+			+		
Биллингслент	+			+	+		
Акантит	+	+	+	+	+	+	
Самородное Au	+	+	+	+	+	+	+
Электрум	+	+	+	+	+		
Кюстелит	+	+	+	+	+	+	
Югенбогартит	+				+	+	
Самородный Рb							+
Самородное Ag			+	+	+	+	

Примечание. Минералогические данные по материалам: * – минералогия в технологических пробах из производственных отчетов (Печниковский, 2011 г.; Антошин и др., 2010 г.; Ишков, 2012 г.; Шувал-Сергеев, Яковенко, 2017 г.), монографии Н.Е. Саввы (2018) и авторской коллекции (Приймак и др., 2019а; 2020а,б; 2022а); **минералогия руд (Подолян, Бороздин, 2017). ВГ– вулканогенный, П – плутоногенный.

Таблица 7. Результаты изотопного датирования адуляра из руд эпитермальных золото-серебряных месторождений Эвенского рудного района.

Аu-Ag (LS) месторождения и рудопроявления	Авторская оценка возраста, млн лет	Изотопный метод определения возраста	Литературный источник
Сопка Кварцевая	78.57 ±0.2 80.35±0.2	^{40}Ar - ^{39}Ar	(Лейер и др., 1997)
Ирбычан	82.45±0.2		
Кегали*	79.92 ±0.2		
Невенрекан	79.4±1		
Дальнее	77±3	Rb-Sr	(Кравцова, 2010)

Примечание: *Рудопроявление Кегали принадлежит Пареньскому потенциальному рудному району, расположенному восточнее Эвенского рудного района.

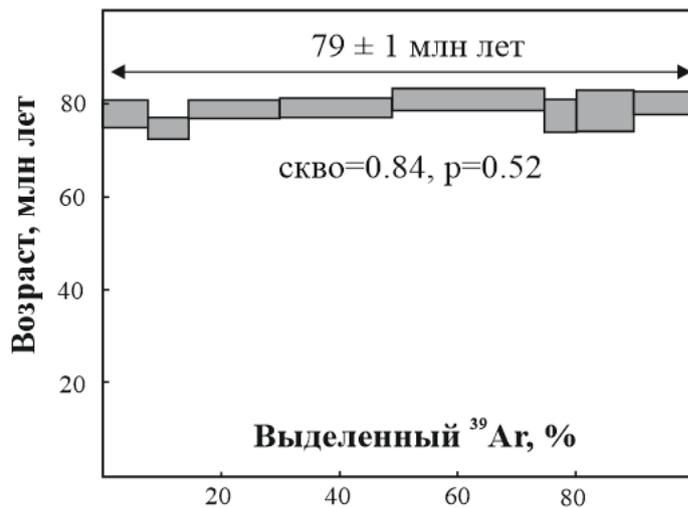


Рис. 23. Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования адуляра из рудных тел месторождения Невенрекан (Приimenко и др., 2022)

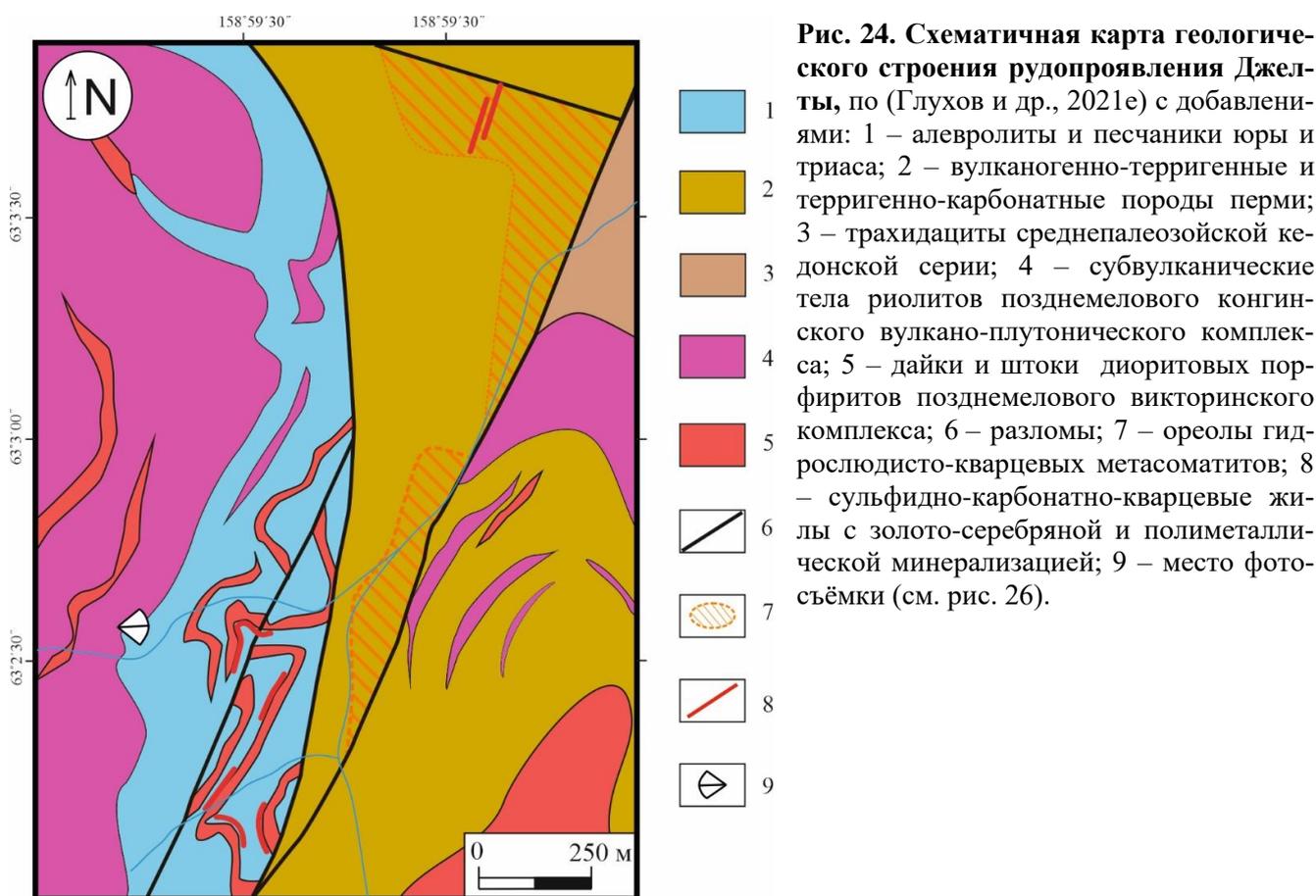
5.1.2. Золото-серебряное оруденение среднесульфидированного типа (IS)

Для оруденений данного типа свойственна связь с интрузивными телами, сложенными гранодиорит - гранит-порфирами, монцонитами и субвулканическими образованиями кислого и среднего состава. Оруденение приурочено к так называемой дистальной части порфирово-эпитермальной РМС (Sillitoe, Hedenquist, 2003; Sillitoe, 2010). Месторождения нередко приурочены к карбонатным породам. Руды характеризуются высокими концентрациями меди, свинца, цинка, иногда молибдена; отношение Au к Ag составляют 1:10 - 1:100. Отмечается практически полное отсутствие адуляра в жильных зонах и колломорфно-полосчатой текстуры руд, при преобладании брекчевидной, кокардовой, массивной и тонкопрожилковой.

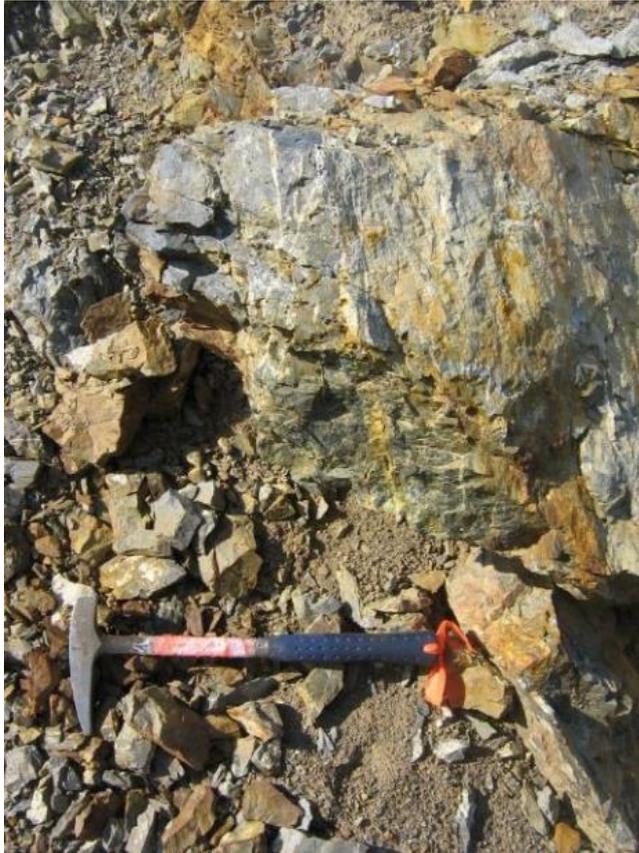
Температура образования и метасоматическая зональность месторождений среднесульфидированного (IS) типа в целом схожи с золото-серебряными объектами низкосульфидированного (LS). Они обладают близким флюидным режимом образования, однако повышенные содержания эквивалента NaCl (более 3,5 масс.%), структурный контроль, вещественный состав и связь с медно-порфировыми РМС позволяют отличать IS тип, с одной стороны – от месторождений низкосульфидированного (LS) типа, с другой – от полиметаллических месторожде-

ний (иногда с золотом и серебром) (Hollister, Siberman, 1995; Grancea et al., 2002; Sillitoe, Hedenquist, 2003).

К среднесульфидированному типу относится **рудопоявление Джелты** (Глухов и др., 2021e), расположенное в крайней южной части Конгинской РМЗ (см. рис. 2). Рудопоявление находится на междуречье Хивач – Джелты, в пределах Джелтинской просадки (или Джелтинской мульды), выполненной среднепалеозойскими вулканогенными образованиями кедонской серии и вулканогенно-терригенными и терригенно-карбонатными породами перми, триаса и юры (рис. 14, 24). Эти отложения прорываются поздне меловыми субвулканическими телами риолитов, риодацитов, андезитов и андезибазальтов конгинского комплекса и интрузиями гранитоидов викторинского (Лазович, 1994 г.; Горячев и др. 2017). Рудные тела приурочены к силлообразным (межпластовым) и дайковым телам монцодиоритов и диоритовых порфиритов викторинского комплекса и представлены жильно-прожилковыми зонами и жилами (рис. 24-26). В южной части участка преобладает пологое или субгоризонтальное падение жил и жильных зон, в северной – жильно-прожилковые и тонкопрожилковые зоны имеют субвертикальное падение. Мощность жильных тел не превышает первых метров, тонко-прожилковых зон – до 20 м, протяженность жильных тел не более 200 м.



а



б



Рис. 25. Коренные выходы в полотно канав золото-серебряного рудопроявления Джелты. Карбонатно-кварцевые прожилки в окварцованных песчаниках (а) и диоритовых порфиритах (б). Фотографии А.Н. Глухова.



Рис. 26. Панорамный вид на южную часть рудопроявление Желты; участки развития жильных зон. Направление фотосъёмки на рис. 24. (фотография А.Н. Глухова).

Всего на рудопроявлении установлено пятнадцать жил. Жилы и тонкопрожилковые зоны сложены мелко- и скрытокристаллическим кварцем, карбонатами и баритом (рис. 26). По материалам В.Л. Лазовича (1994 г.) отмечается наличие адуляра в жилах.

Результаты детального исследования магматических и рудных образований рудопроявления Джелты приведены в совместной публикации А.Н. Глухова, В.В. Прийменко и др. (2021e). Жильные породы характеризуются преимущественно брекчевидной текстурой, в ряде случаев с элементами кокардовой (рис. 27). В жилах среди рудных минералов установлены пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, блеклые руды и электрум (рис. 28, табл. В.4, приложение В); их количество варьирует в широких пределах (от 1 до 40%). Описанный ранее жильный адуряр (Лазович, 1994 г.) не обнаружен. Наиболее распространенным рудным минералом здесь выступает пирит, который образует срастания со сфалеритом и галенитом, а также включения в блёклых рудах и галените (рис. 28). Состав блёклых руд соответствует Ag-Fe и Ag-Zn тетраэдритам. Электрум в кварце образуется по трещинам и в виде ксеноморфных включений.

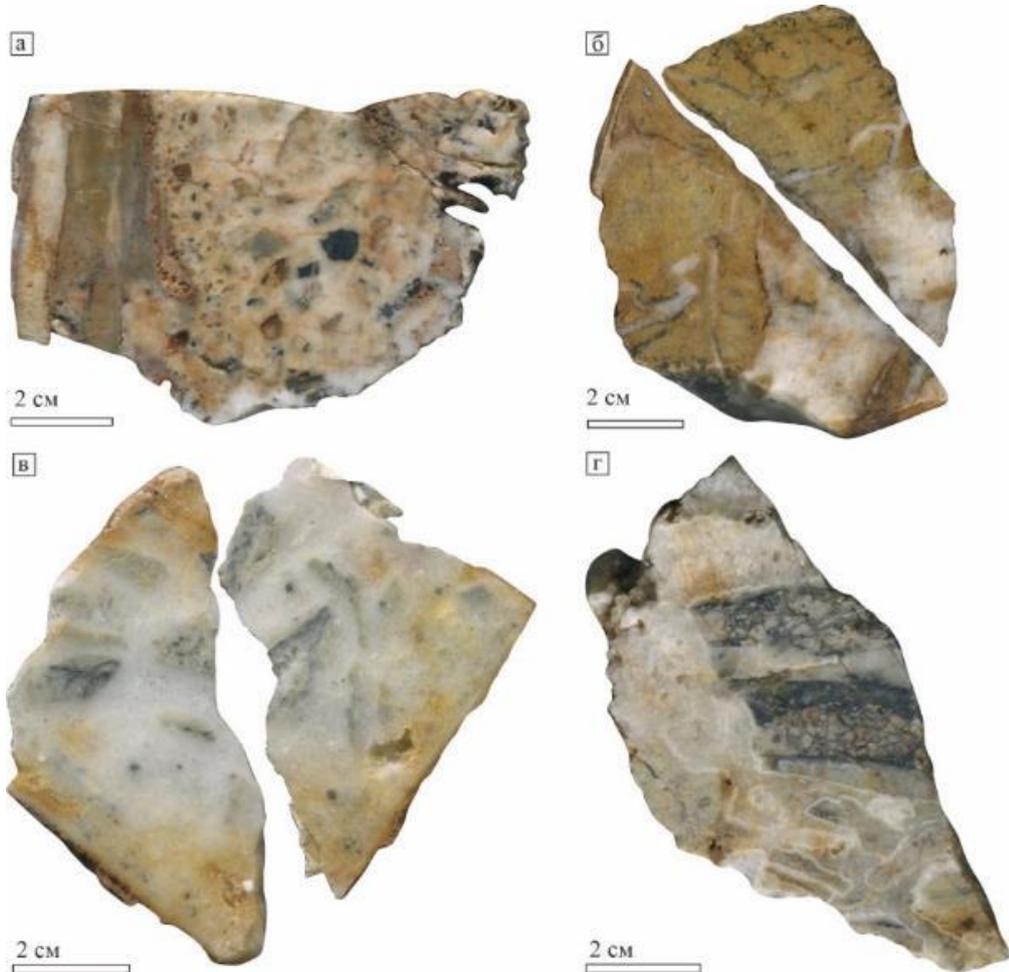


Рис. 27. Текстуры жильного материала золото-серебряного рудопроявления Джелты.

а – гидротермальная брекчия с обломками известняка и алевролита в тонкокристаллическом жильном кварце; б – окварцованный известняк с кварцевыми прожилками; в – гидротермальная кварцевая брекчия с обломками дацита; г – гидротермальная брекчия с кокардовой текстурой, ксенолиты окварцованного известняка.

Вещественный состав руд представлен в таблицах А.3, В.4 (приложение А, В); установлены две минеральные ассоциации: 1) пририт-карбонат-барит-кварцевая, 2) золото-блеклорудно-полисульфидная. Максимальное содержание золота в пробах авторской коллекции составило 9.7 г/т, серебра 316 г/т; по материалам поисково-разведочных работ содержания серебра могут достигать 1913 г/т (Лазович, 1994 г.). Отмечаются высокие, превышающие 0.4 %, концентрации свинца и цинка. Геохимический спектр оруденения Au-Ag-As-Pb-Sb-Se-Mo-Zn (табл. А.3, приложение А), отношение Au к Ag составляют 1:10 - 1:100.

При проведении детальных работ особое внимание было уделено опробованию пермских известняков, широко распространенных на площади рудопроявления. Ранее, среди выходов известняковых пачек отмечались окварцованные участки (джаспероиды) с золото-серебряной минерализацией (содержания Au до 3 г/т, Ag – 63 г/т, при максимальном 706 г/т) (Горячев и др., 2017).

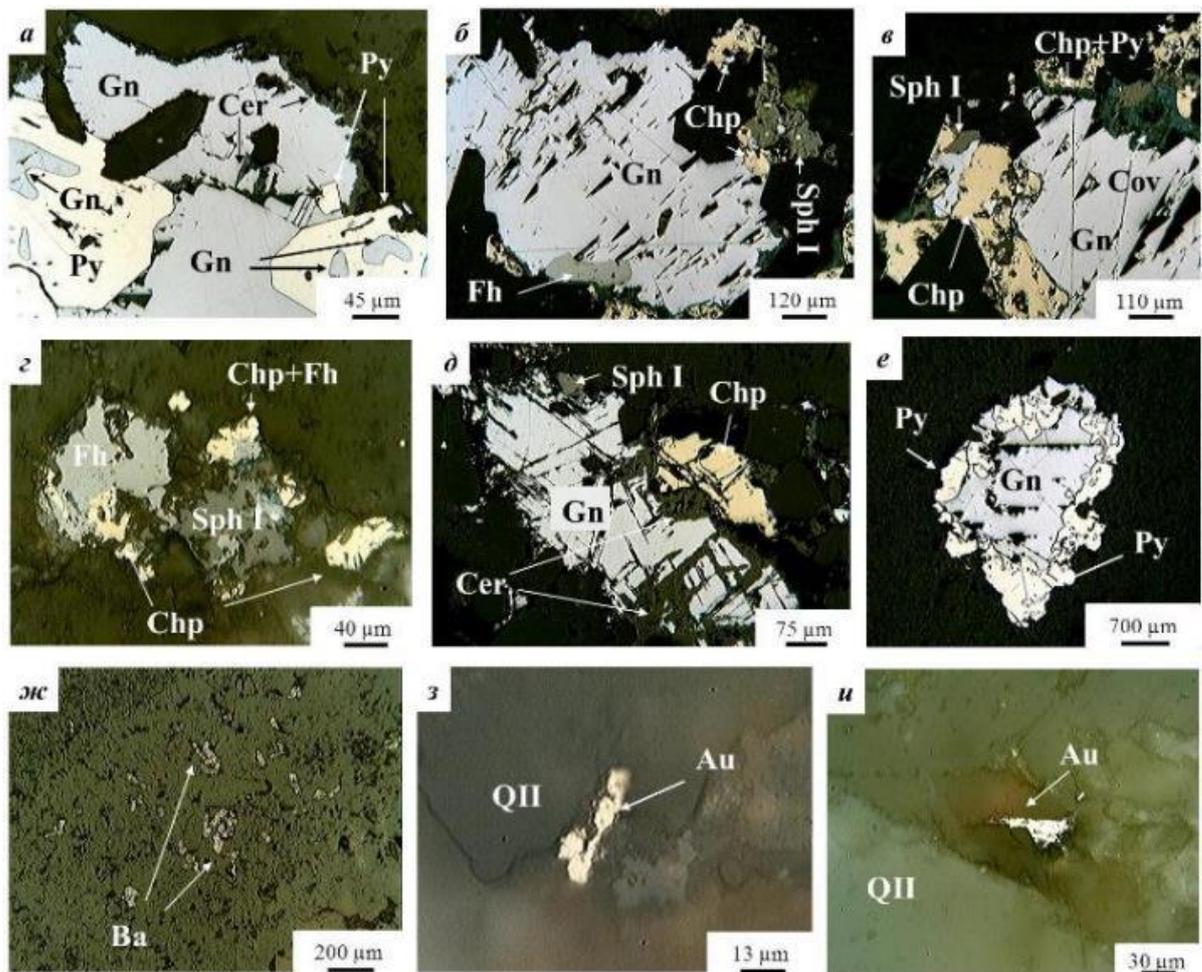


Рис. 28. Минералогия жильных тел рудопроявления Джелты, по материалам (Глухов и др., 2021e).
 а) пирит в срastании с галенитом; по периферии галенита развивается церуссит; б) срastание галенита, халькопирита и сфалерита I, галенит с включением блеклой руды; в) ассоциация сфалерита I, галенита и халькопирита; халькопирит содержит обломки раннего пирита, а на контакте галенита со сфалеритом и халькопиритом развивается ковеллин; г) ассоциация халькопирита, сфалерита I и блеклой руды; д) обособление галенита, халькопирита и сфалерита; галенит по периферии и по спайности замещен церусситом; е) галенит, заполняющий пустоты в пирите; ж) игольчатые обособления барита; з,и) микровключения самородного золота в кварце II.

Сокращения: Q – кварц, Py – пирит, Gp – галенит, Sph – сфалерит, Fp – блеклая руда, Chr – халькопирит, Cov – ковеллин, Cer – церуссит, Ba – барит, Au – самородное золото.

По результатам проведенных исследований высокие значения золота и серебра в окварцованных породах не были установлены; повышенные содержания золота и серебра были получены при штучном опробовании окварцованных известняков с тонким сульфидно-кварцевым прожилкованием. Здесь следует отметить, что для Конгинской РМЗ в целом характерны сульфидно-кварцевые жильные зоны (приуроченные к выходам вулканитов конгинской свиты и подстилающим их терригенным пермско-мезозойским образованиям) с низкими содержаниями золота (не более первых г/т, и серебра – несколько десятков г/т); при этом отмечается, что такие жильные зоны нередко сопровождаются россыпями мелкого и низкопробного золота (Горячев и др., 2017).

Вблизи с рудопроявлением Джелты (в 6 км южнее) располагается Хивачское рудное поле с серебро-полиметаллической минерализацией, приуроченной к жилам и скарновым залежам, развитым по пермским карбонатным породам на контакте с многофазной гранитоидной интрузией викторинского комплекса (Болдырев, Яранцева, 1991; Горячев и др., 2017). Пространственная и вероятно генетическая сопряженность данных рудных объектов позволяет рассматривать рудопроявление Джелты как дистальную, низкотемпературную часть Хивачской гранитоидной РМС (Глухов и др., 2021e).

5.1.3. Золото-серебряное оруденение высокосульфидированного типа (HS)

Алунит-кварцевые золото-серебряные объекты относятся к редким и слабо изученным в пределах СВ. Несмотря на ввод в эксплуатацию в 2015 г. золоторудного месторождения Светлое в Хабаровском крае (Мишин, 2011), этот генетический тип до сих пор остаётся своеобразной экзотикой для Охотско-Чаунской металлогенической провинции и нашей страны в целом. Можно отметить лишь несколько месторождений в России, относящихся к данному типу – Березняковское на Урале, Данченковское на о. Уруп Курильских островов, Озерновское и рудопроявление Малетойваям на Камчатке. Наиболее полный обзор по алунит-кварцевым золото-серебряным месторождениям России и сопредельных государств приведен в работе А.Н. Глухова (2011). В пределах ОЧВП к объектам данного типа принадлежит рудопроявление Аган (участок Лунный), расположенное в пределах Арманской вулcano-тектонической депрессии (Охотский сегмент ОЧВП) (Волков и др., 2015). Учитывая тот факт, что алунит-кварцевые золото-серебряные объекты широко представлены и активно разрабатываются в зарубежных регионах Тихоокеанского кольца (Sillitoe, 2010), следует предполагать перспективность прогнозно-поисковых программ на этот тип оруденения в пределах вулканогенных поясов активных континентальных окраин Дальнего Востока России (Прийменко, Глухов, 2021б; Прийменко, 2022).

С месторождениями золото-серебряного алунит-кварцевого (HS) типа соотносится **рудопроявление Туромча**, принадлежащее Эвенскому рудному району ОЧВП (рис. 14).

Первоначальное изучение рудопроявления Туромча связано с поисковыми работами по выявлению проявлений самородной серы и алунита (Картавичус и др., 1978 г.). Тогда же впервые была установлена зональность, выраженная последовательной сменой метасоматических изменений – от реликтовых вулканитов кислого состава на периферии объекта, через мощные зоны каолинитизации и алунитизации, к центральной – интенсивно окварцованной (до полнопроявляемых вторичных кварцитов) и брекчированной зоне. После того, как в пределах Туромчинской рудной зоны были обнаружены золотоносные метасоматиты (Костырко, 1977), последовали поисковые работы на участке, направленные на изучение метасоматически измененных вулканитов и жильной эпитермальной золото-серебряной минерализацией с высокими концентрациями золота и серебра (Солдатов и др., 1988 г.). Последовавший отрицательный прогноз, очевидно, связан с организацией и проведением работ ориентированных на поиски жильных эпитермальных золото-серебряных месторождений с высокими концентрациями золота и серебра и отсутствием на то время разработанных поисковых критериев на этот тип месторождений. Несмотря на то, что была выявлена 3-км² площадь комплексной геохимической ано-

малии Bi-Au-As-Ag-Cu-Sb-Mo, материалы штуфного опробования вторичных кварцитов показали содержания золота (не более 1.5 г/т) и на фоне жильного эпитермального золото-серебряного оруденения выглядели ниже рядовых (10-ки г/т). Тем самым зональные метасоматиты Туромчи на многие годы приобрели статус неперспективных на золотое оруденение.

Исторически значимым событием, повлиявшим на прогнозирование золото-серебряных алунит-кварцевых месторождений, стали работы Джеффри Хеденквиста (Hedenquist, 1987, 1988), в которых данные рудные объекты были выделены в отдельный геолого-генетический тип и разработаны поисковые критерии их обнаружения.

Компанией АО «Полиметалл УК» в 2019-2020 гг. были проведены ревизионно-поисковые работы на Туромчинском алунит-кварцевом участке, где автор являлся ответственным исполнителем и руководителем проведенных геологоразведочных работ. Положительный прогноз на перспективность золото-серебряного рудообразования составлены по результатам металлогенического анализа при сотрудничестве к.г.-м.н. А.Н. Глухова и А.Г. Колесникова (одним из открывателей алунит-кварцевого месторождения Светлое в Хабаровском крае в 2011 г.). Материалы изучения и рекомендации к продолжению геологоразведочных работ на Туромчинской площади содержатся в производственном отчете (Прийменко, Поздеева., 2022 г.).

Рудопоявление Туромча принадлежит одноименной рудной зоне; располагается в районе междуречья Чирол – Ерукал и пространственно приурочено к выходам раннемеловых игнибригов риодацитов вархаламской толщи. В коренных обнажениях по бортам р. Ерукал установлены выходы штокообразной интрузии гранодиоритовых порфиринов ахавеевского комплекса, прорывающей кислые вулканогенные образования (рис. 29).

В пределах рудного поля кислые вулканы метасоматически интенсивно измененные; в них отчетливо прослеживается зональность, выраженная нарастанием интенсивности окварцевания от периферии рудного поля к его центру. Максимально измененные породы центральной части, по которым, вдоль серии разломов северо-западного простирания, развиваются предрудные вторичные кварциты (монокварциты и их брекчии). От безрудных пиррофилитовых пород периферической зоны их отделяет мощная (до 1.5 км) зона алунитизации с проявлениями самородной серы, сменяющаяся диккит-каолинитовыми метасоматитами. Связь золото-серебряного оруденения с порфиристо-эпитермальной РМС позволяет прогнозировать высокие концентрации висмута, молибдена и промышленные концентрации меди (Приименко, Глухов, 2021б).

Тем самым строение рудопоявления Туромча полностью отвечает условиям образования и поисковым критериям, предъявляемым к данному типу золото-серебряного оруденения (Hedenquist, 1987; Sillitoe, Hedenquist, 2003; Мишин, 2011):

- флюидный режим – взаимодействие на приповерхностном уровне летучих компонентов магматогенного флюида с вмещающими породами и грунтовыми водами, с последующей дегазацией и выделением серы (алунит, самородная сера);

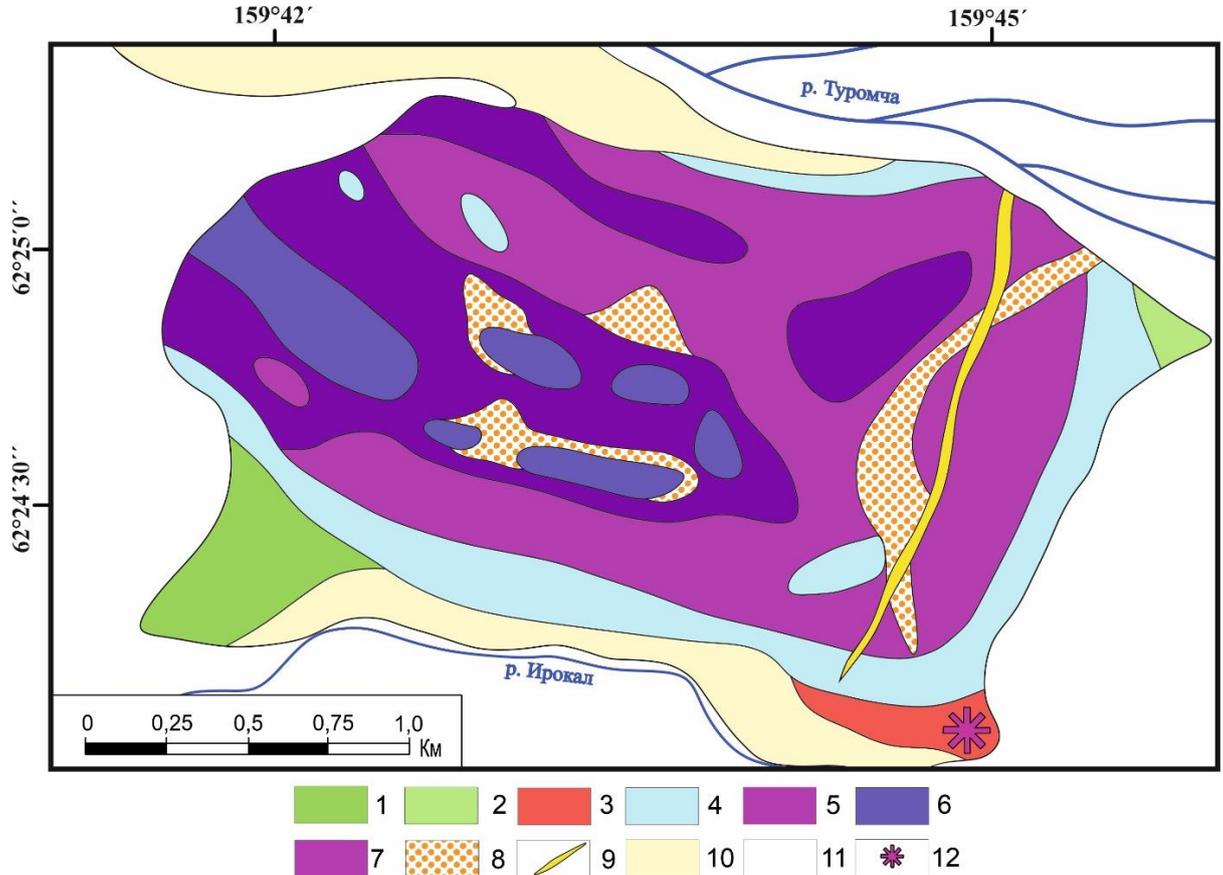


Рис. 29. План геологического строения золото-серебряного алунит-кварцевого рудопроявления Турмуча, по (Кортавичус, Болдырев, 1970 г.; Костырко, 1977; Солдатов и др., 1980 г.), с изменениями и дополнениями.

1-3 – хлоритизированные вулканиты раннего этапа и интрузии ОЧВП: 1 – андезиты тайночинской свиты и 2 – игнимбриты риодацитов вархаламской толщи; 3 – позднемеловая интрузия диоритовых порфиров ахавеевского комплекса; 4-8 – фации полнопроявленных метасоматитов по вулканитам ОЧВП: 4 – диккит-каолининовая, 5 – алунит-кварцевая, 6 – монокварциты брекчированные, 7 – монокварциты, 8 – пористые кварциты; 9 – проявление самородной серы; 10 – четвертичные конгломераты (феррикриты); 11 – прочие четвертичные отложения; 12 – место отбора пробы на U-Pb датирование по циркону.

- образование серной кислоты и ультракислого флюида ($\text{pH} < 2-3$) – формирование зональных метасоматитов (зональных ореолов предрудных вторичных кварцитов);

- взаимодействие жидкой фазы магматогенного рудоносного флюида с ядерной частью дорудных ореолов вторичных кварцитов – брекчирование вторичных кварцитов, формирование высокосернистой сульфидной минерализации (энаргит, люционит, ковеллин) на ранней стадии рудогенеза и золото-теллуридной на поздней;

- монокварцевые фации пористых и брекчиевидных кварцитов центральной части оруденения несут наиболее высокие концентрации золота и серебра.

Возраст золото-серебряных алунит-кварцевых руд оценивается материалами U-Pb LA-ICP-MS датирования циркона из штока гранодиоритовых порфиров, прорывающего вулcano-

генные образования вархаламской толщи в коренных обнажениях по бортам р. Ерукал; полученное конкордантное значение – 79 ± 2 млн лет, кампан (табл. Б.4, Б6, приложение Б), отвечает позднему этапу магматической активности ОЧВП.

В пределах Конгинской РМЗ к золото-серебряному алунист-кварцевому типу относится рудопоявление, расположенное в верховьях **руч. Бодрый** (см. рис. 5, 6). Проведенные детальные работы на данном участке показали схожее строение с рудопоявлением Туромча; отмечаются близкие содержания золота в монокварцитах участка Туромча и Бодрый. Отличительной чертой рудопоявления руч. Бодрый является более глубокий эрозионный срез, за счет чего алунистые и диккит-каолиновые метасоматические зоны слабо проявлены и преобладающими являются серицит-кварцевые метасоматиты.

Исследования последних лет, направленные на выявление закономерностей размещения алунист-кварцевых золото-серебряных объектов на СВ России (Стружков и др., 2008; Глухов, 2011; Прийменко, Глухов, 2021б; Прийменко, 2022), свидетельствуют о необходимости пересмотра уже открытых месторождений золота порфирово-эпитермальных РМС и постановки отдельных или комплексных прогнозно-поисковых программ на данный (алунист-кварцевый или высокосульфидированный) геолого-генетический тип оруденения.

5.2. Золото-редкометалльное оруденение (RIRGS)

Золото-редкометалльные месторождения широко распространены на СВ России; большинство из них связано с зонами ТМА, где ведущая роль принадлежит интрузивно-купольным структурам (прежде всего гранитоидным интрузиям), локализованным среди осадочных образований. Выделение самостоятельной золото-редкометалльной формации связано с необходимостью классифицировать (или отделить) золоторудные проявления, отличающиеся по геологическому положению и вещественному составу от месторождений золото-кварцевой формации. История представлений о типизации золото-редкометалльных месторождений приведена во многих публикациях (Волков и др., 2013, 2015; Волков, Сидоров, 2018; Глухов и др., 2021ж; Евдокимов и др., 2023; и др.). Первая классификация золоторудных месторождений СВ по генетическому типу принадлежит П.И. Скорнякову (1949, 1967), согласно которой турмалино-кварцевая (в дальнейшем золото-редкометалльная) формация отвечает нижнемеловому этапу минерализации, характеризуется набором жильных минералов – кварц, турмалин, реже топаз и мусковит, и большим разнообразием видового состава рудных, определяющих тип минерализации – золото-кобальтовый, золото-теллуrowый, золото-вольфрамовый и золото-касситеритовый. В дальнейшем Ф.Р. Апельцин и А.К. Савельев (1960) и, немногим позже, Н.А. Шило с соавторами (1972; 1978; 1988 и др.), анализируя особенности золоторудных месторождений орогенных вулканогенных зон различного возраста (в том числе ОЧВП), пришли к заключению о необходимости выделения самостоятельной золото-редкометалльной рудной формации. Золото-редкометалльный тип оруденения обсуждается в работах А.П. Осипова и А.А. Сидорова, А.В. Волкова, Г.Н. Гамянина, Н.С. Бортникова, Н.Е. Саввы и многих других; ряд исследователей – Н.В. Петровская, Л.А. Фирсов, Н.А. Горячев, рассматривают подобные месторождения в рамках золото-кварцевой или золото-сульфидно-кварцевой формации. В обобщающей работе А.В. Волкова и А.А. Сидорова (2018) приведены геологические, магматические, минералогические и др. индикаторные особенности формирования золото-редкометалльных месторождений, рекомендуемые к использованию в качестве прогнозно-поисковых критерий. Здесь выделим основные из них:

- формируются в посторогенной или постколлизийной обстановке;
- располагаются в апикальных и надинтрузивных частях субщелочных, среднеглиноземистых гранитоидных интрузий и дайковых телах (преимущественно мезозойского возраста), прорывающих осадочные и вулканогенно-осадочные (в ряде случаев метаморфизованные) образования;

- в пределах орогенных поясов обнаруживается приуроченность интрузивных тел к зонам глубинных разломов, для вулканоплутонических поясов (нередко с вольфрамовыми и/или оловянными месторождениями) – входят в состав крупных вулканотектонических структур;
- принадлежат к высокотемпературным образованиям малых и умеренных глубин;
- связаны с CO₂, CH₄ содержащими гидротермальными флюидами;
- многостадийность – на начальной стадии образование грейзенов с вольфрамитом, молибденитом, на заключительной – низкотемпературных кварцевых и карбонатных друзовидных агрегатов;
- формирование шеелитовых скарнов на контакте с вмещающими известковистыми породами;
- сопровождается образованием метасоматитов – преобладают березиты, менее развиты скарны, грейзены, кварц-хлорит-серициты и пр.;
- рудные тела – жилы, системы жил с прожилками, штокверки, приконтактовые залежи;
- рудам свойственны жильно-прожилковая, реже гнездово-вкрапленная и крустификационная текстуры;
- состав рудных тел сульфидно-кварцевый; основной жильный минерал – кварц (около 70% состава руд), рудный – арсенопирит (мышьяковистый), второстепенные – самородное золото, пирит, леллингит, пирротин, самородный висмут, антимонит, буланжерит, сфалерит, галенит, халькопирит; среди редких минералов – сульфосоли висмута и свинца, теллуриды висмута, серебра и золота; примечательно присутствие в рудах касситерита; содержание сульфидов менее 5%, с восстановленным составом – арсенопирит, пирротин и пирит, при отсутствии магнетита и гематита;
- ассоциация золота с повышенными содержаниями индикаторных геохимических элементов: Bi, W, Sn, As, Mo, Co, Te и/или Sb и относительно низкими Cu, Zn, Pb, Ag;
- в рудах два минеральных парагенезиса: ранний – биотит-хлорит-гидрослюдистый → кварц-полевошпатовый → золото-пирит-арсенопиритовый (висмутосодержащий); поздний – кварц-леллингит-арсенопирит-антимонит-джемсонитовый; гипергенный – золото-скородит-ярозитовый;
- главная ассоциация рудных минералов – арсенопирит-золото-висмут (самородный);
- геохимический спектр определен высокими концентрациями мышьяка, висмута, теллура; продуктивная ассоциация – срастания субмикроскопического тонкодисперсного золота с минералами висмута и теллура; в ряде случаев присутствие в рудах турмалина.

В зарубежной литературе месторождения золота, связанные с интрузивными системами, выделены в глобально распространенный класс *Reduced intrusion related gold systems (RIRGS)* (Lang et al., 2000), эталонными объектами которого являются месторождения золотоносного по-

яса Тинтин (США, штат Аляска и север Канады, территория Юкон) – Форт-Нокс и Пого с запасами и ресурсами более 250 т золота. Описанию данного класса золоторудных месторождений посвящены многочисленные публикации зарубежных коллег (Thompson et al., 1999; Lang et al., 2000; Hart et al., 2002; Hart, 2005).

На СВ России к золото-редкометалльным относятся месторождения Бутарное, Дубач, Тугучак, Лево-Дыбинское, Школьное, Кекурное и др. (Волков и др., 2013; Волков, Сидоров, 2018).

Для Эвенского рудного района золото-редкометалльное оруденение представлено большим количеством рудопроявлений и пунктов минерализации, преобладающая часть которых остается безымянными (Кузнецов и др., 2001 г.; Усачев и др., 2007 г.).

В северо-западной части Эвенского рудного района, на междуречье Инач (или Ингач) и Аран (правые притоки р. Вархалам) находится рудопроявление Инач. Здесь оруденение представлено штокверком сложной формы, площадью 0.3 км² (Усачев и др., 2007 г.). Прожилки и жилы кварцевого и кварц-хлоритового состава пересекают окварцованные вулканогенные образования мелового возраста. Установлены содержания золота 25 г/т и серебра 33.4 г/т (на метр бороздового опробования в канавах); содержания висмута и мышьяка достигает 0.9%, молибдена до 0.08%, меди до 0.2%. В центральной части Эвенского рудного района известно рудопроявление правобережья р. Аханджа (или Ахандя, левый приток в среднем течении р. Гижига). Оруденение представлено зоной сульфидно-кварцевых прожилков, секущих дайки диоритов гармандинского комплекса, которые, в свою очередь, прорывают среднекаменноугольные осадочные отложения. Мощность рудной зоны оценивается до 0.5 м, протяженность – 30 м. В составе рудных минералов преобладают сульфиды – арсенопирит, пирит, галенит. Содержания золота до 3 г/т, серебра до 50 г/т, мышьяка более %, кобальта до 0.1%, олова до 0.05 %, свинца и сурьмы до 0.2 %, меди до 0.1 %.

В Эвенском рудном районе к золото-редкометалльному типу отнесено месторождение Перекатное. Детальные исследования, проведенные автором в пределах рудного поля месторождения, позволили существенно расширить данные о его геологическом строении, минералогии и геохимии, впервые с помощью изотопных методов датирования оценить возраст оруденения (Приименко и др., 2022б).

Месторождение Перекатное расположено в междуречье рек Вархалам и Большая Гарманда (юго-западной части Эвенского рудного района) и принадлежит Вархаламскому (Невенрекан-Перекатненскому) рудному узлу (рис. 14, 30, 31). Открыто в 1975 г. как золоторудное рудопроявление Надежда. После проведения поисковых работ 1975-1976 гг. (Вержак, Дупяк, 1977 г.), разведки и подсчета запасов (Шашкин, 2013 г.) переведено в ранг месторождения и переименовано в Перекатное (балансовые запасы на 2012 г. составляют 108 т золота при средних

содержаниях золота 0.68 г/т, см. Глава 1). Месторождение слабо охарактеризовано в открытой печати; в производственных отчетах рассматривается как объект золото-кварцевого промышленного типа (Вержак, Дупляк, 1977 г.), полиметаллической и/или медно-порфировой (Шашкин, 2013 г.), золото-редкометалльной формации (Кузнецов и др., 2001 г.).

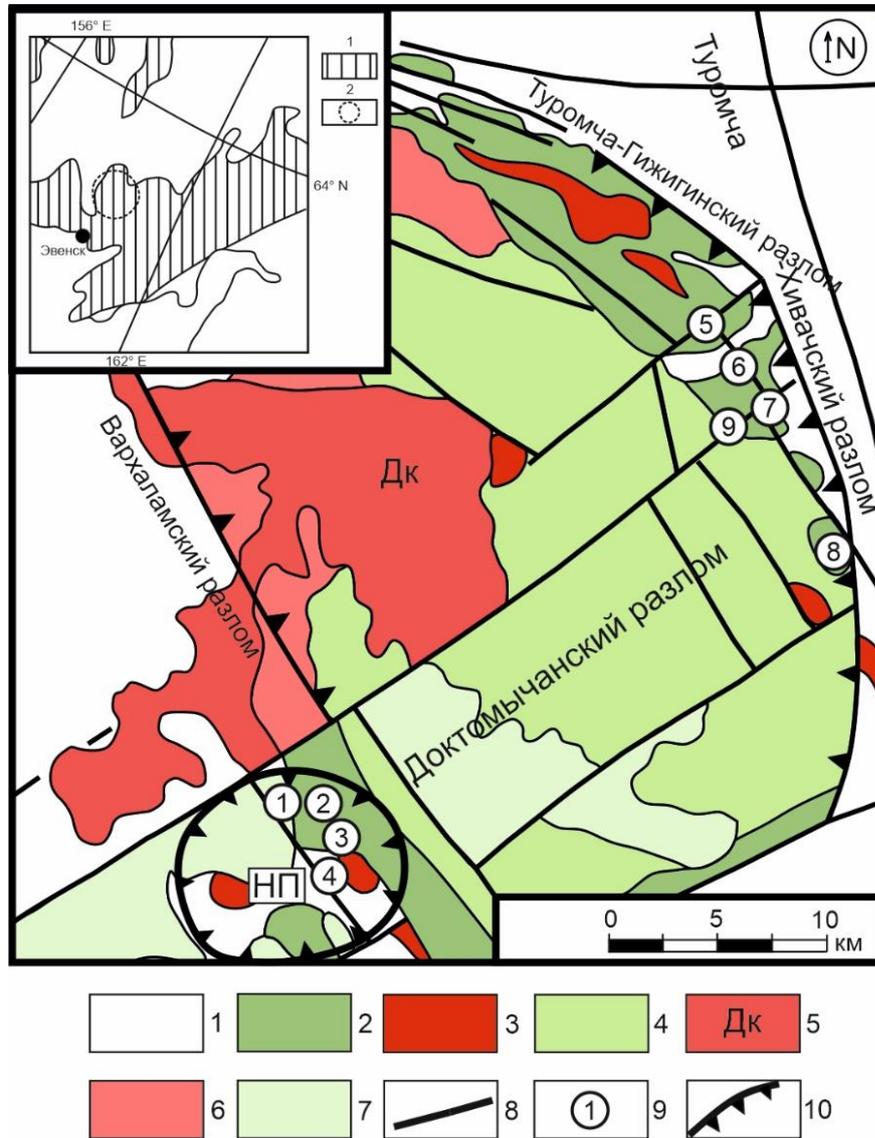


Рис. 30. Геолого-структурная схема Турумчинской вулкано-тектонической депрессии (ВТД), по (Умитбаев, 1986). С добавлениями по Невенреканскому прогибу (НП), по материалам (Чернявский, 1976 г., Политов, 1981 г., Шаповалов, 1982 г.) и изменениями.

1 – домеловые породы обрамления и цоколя вулканоструктуры; 2,3 – кольцевой и периферического комплекса, представленный вулканогенными и интрузивными образованиями раннего этапа эволюции ОЧВП: 2 – ранне-позднемереловые покровные вулканиты тайночинской и вархаламской толщ, 3 – гранитоидные интрузии, ранне-позднемерелового гармандинского комплекса; 4-6 – центральный комплекс, представленный вулканогенными и интрузивными образованиями позднего этапа эволюции ОЧВП: 4 – позднемереловые покровные вулканиты хайчанской и турумчинской толщ, 5,6 – позднемереловые (сантонкампан) гранитоидные интрузии, предположительно ахавеевского(?) комплекса: 5 – Доктомычанский батолит (Дк), 6 – интрузивные тела, сложенные порфиоровыми разностями; 7 – верхнемереловые-эоценовые(?) платобазальты (андезибазальты) уйканской толщи и/или кытыймской свиты(?); 8 – разломы; 9 – месторождения и рудопроявления, цифры в кружках: 1-3 – рудные зоны месторождения Невенрекан, 4 – Перекатное, 5 – Сопка Кварцевая, 6 – Старт, 7 – Дальнее, 8 – Альдигич, 9 – Турумча; 10 – границы Турумчинской ВТД и Невенреканского прогиба (НП). На врезке: схема тектонического районирования ОЧВП, по (Акинин, Миллер, 2011): 1 – ОЧВП, 2 – границы Турумчинской ВТД.

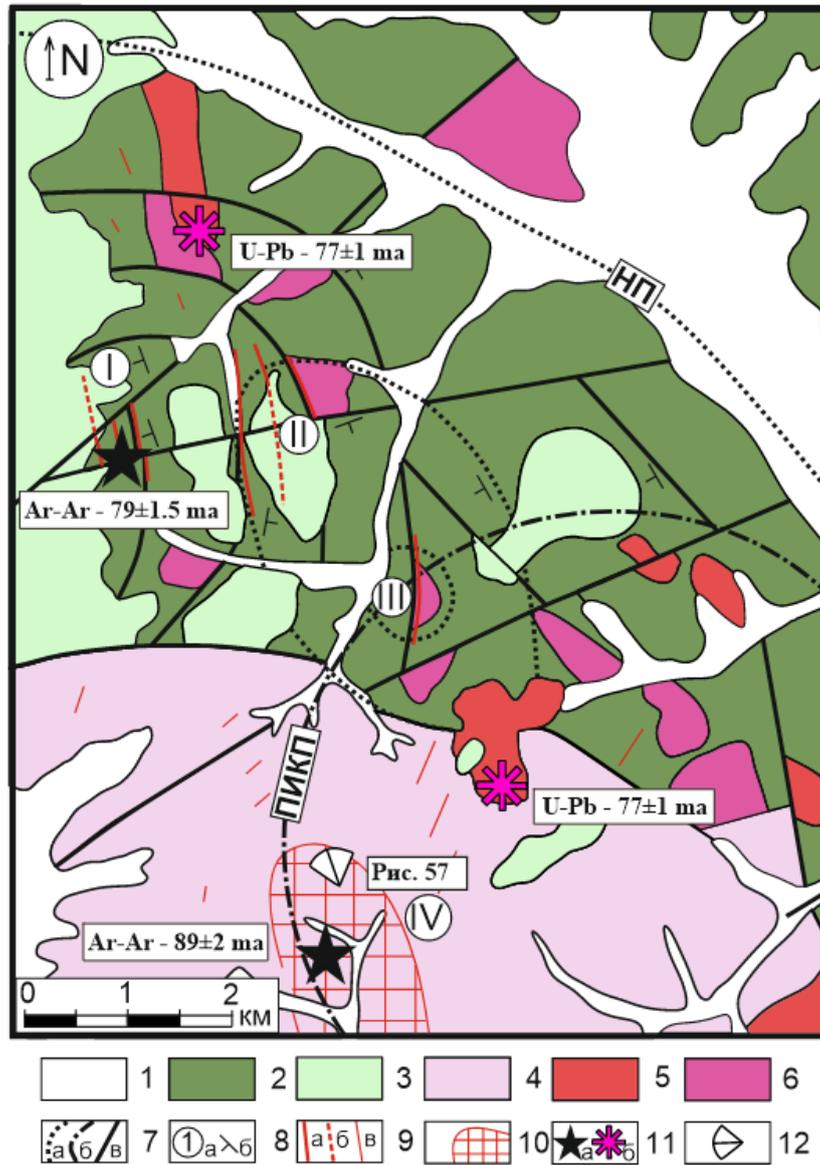


Рис. 31. Региональная геолого-структурная позиция месторождений Невенрекан и Перекатное, по материалам (Чернявского, 1976 г., Вержака, Дупляк, 1977 г., Кумачева, 1979 г., Шаповалова, 1982 г.) с добавлениями.

1 – четвертичные отложения; 2,3 – стратифицированные вулканиты раннего (2) – вархаламская и тайночинская толщи, и позднего (3) этапа эволюции ОЧВП; 4 – отложения верхояно-чукотского комплекса мезозойд Гижигинской зоны; 5,6 – интрузии: 5 – габбро, диориты, гранодиориты гармандинского(?) и/или ахавеемского комплексов, 6 – субвулканические андезиты и дациты уйканского комплекса; 7 – структурные элементы: а – границы жерловой части, кальдеры обрушения, предполагаемая граница северо-западного ограничения Невенреканской просадки (НП), б – границы Перекатненского интрузивно-купольного поднятия (ПИКП), в – основные разломы; 8 – местоположения: а) цифры в кружочках: I, II, III – жильные зоны золото-серебряного месторождения Невенрекан, IV – золоторудное месторождение Перекатное, б) элементы залегания вулканитов раннего этапа эволюции ОЧВП; 9 – рудные тела: а – месторождения Невенрекан, б – перекрытые платобазальтами части, в – развалы обломков кварцевых прожилков в делювии; 10 – зона развития кварцевого штокверка месторождения Перекатное; 11 – точки отбора проб и результаты изотопного датирования (в млн лет) минералов методами: а – U-Pb (ICP-LA), б – Ar-Ar; 12 – место и направление фотосъёмки.

Месторождение расположено в юго-восточной части Невенреканской вулканогенной просадки, осложненной рудовмещающим Перекатненским интрузивно-купольным поднятием. Рудоконтролирующее интрузивно-купольное поднятие находится в зоне влияния Доктомычанского и Вархаламского глубинных разломов северо-восточного и северо-западного простирания

(рис. 30) и хорошо выражено в современном рельефе. Структура поднятия подчеркивается дугвыми и полукольцевыми разломами. Оруденение приурочено к разломам юго-восточной части поднятия (рис. 31).

Рудовмещающие породы представлены пачками среднетриасовых (анизийский ярус) ороговикованных алевролитов, алевропесчаников и углисто-глинистых сланцев, имеющими моноклинальное залегание с падение в юго-восточном направлении под углом 20-40°. Осадочные образования прорваны поздемеловыми дайками и мелкими штоками габбро, габбро-диоритов гармандинского комплекса и субвулканическими телами дацитов и риолитов (рис. 32, 33).

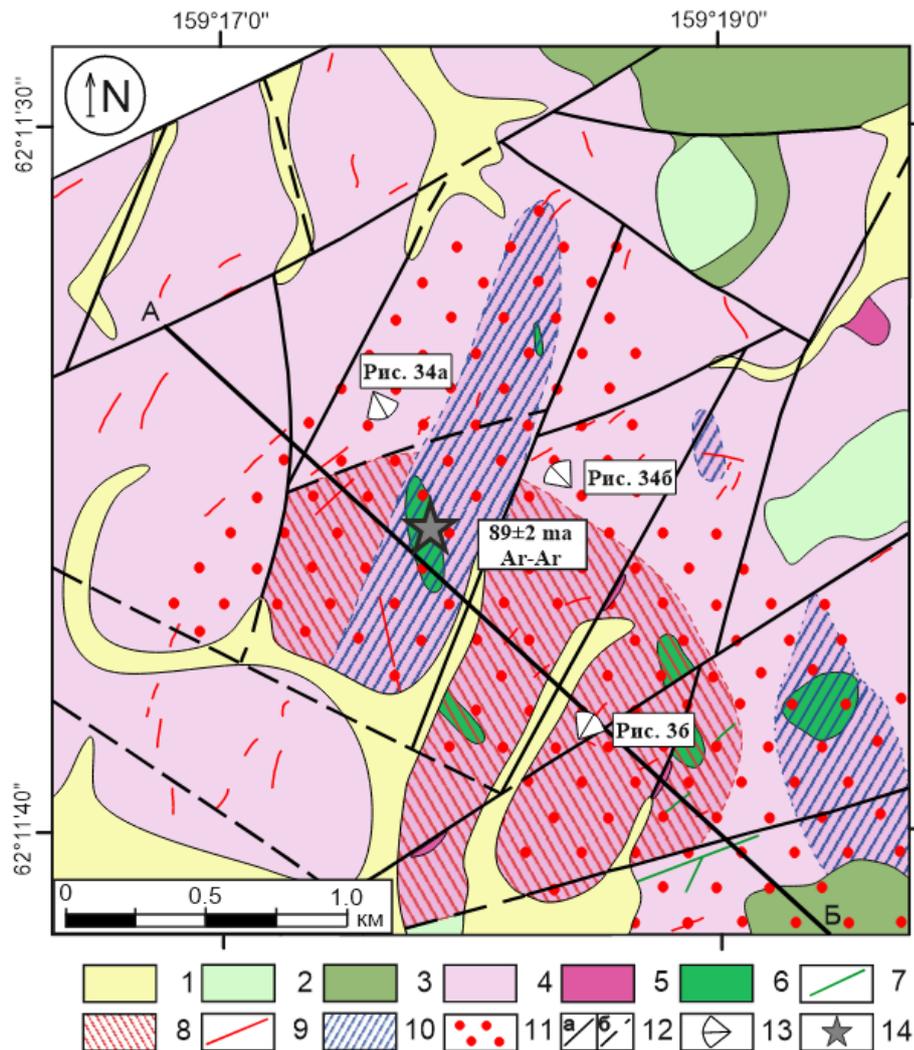


Рис. 32. Схематическая геологическая карта рудного поля месторождения Перекатное, по материалам (Вержак, Дупляк, 1977 г.; Шашкин, 2013 г.), с изменениями.

1 – четвертичные отложения; 2 – эоценовые платобазальты кытйимской (или уйканской?) свиты (поздний этап развития ОЧВП); 3 – поздемеловые игнимбриты и туфы риолитов и риодацитов вархаламской толщи (ранний этап ОЧВП); 4 – среднетриасовые (анизийский ярус) алевролиты, аргиллиты, углистые сланцы; 5 – меловые субвулканические интрузии дацитов и риолитов; 6,7 – меловые интрузии гармандинского комплекса: 6 – малые тела габбро и габбродиоритов, 7 – дайки габброидов; 8 – штокверковая зона месторождения; 9 – жилы кварцевые; 10 – зоны интенсивной сульфидизации; 11 – зона ороговикования и окварцевания; 12 – разломы достоверные (а), предполагаемые (б); 13 – место и направление фотосъёмки; 14 – место отбора пробы и результаты датирования Ag-Ag методом мусковита из филлизитов. АБ – линия геологического разреза Перекатненского рудного поля (см. рис. 33).

В пределах рудного поля породы интенсивно ороговикованы, окварцованы, грейзенизированы и пиритизированы. Площадная сульфидизация и зона штокверковой жильно-прожилковой минерализации на космоснимках выделяется цветовой аномалией оттенков бурого цвета. Предполагается, что гранитоиды являются апофизами многофазной интрузии габбро-диорит-гранодиорит-гранитового состава. С внедрением интрузивных тел связано ороговикование вмещающих осадочных отложений и формирование прожилково-штокверкового оруденения (Вержак, Дупляк, 1977 г.). Общий вид на рудное поле хорошо просматривается с вершин водораздела (рис. 34).

К пострудным образованиям в пределах рудного поля отнесены незатронутые гидротермально-метасоматическими изменениями позднемеловые интрузии дацитов и риолитов, а также эоценовые (по Акинин и др., 2022) плато-базальты кытыймской свиты.

Зона вторичных изменений имеет в плане овальную форму (около 2×4 км), вытянутую в северо-западном направлении. Вмещающие оруденение осадочные образования интенсивно ороговикованы. Габброиды, слагающие малые интрузии в пределах рудного поля – окварцованы; согласно петрографическому описанию (Вержак, Дупляк, 1977 г.) породы претерпели контактовые изменения мусковит-роговиковой и амфибол-роговиковой фаций метаморфизма. Здесь следует отметить, что по материалам В.А. Вержака и И.И. Дупляк (1977 г.) в пределах рудного поля установлены локальные проявления грейзенизации серицит-турмалин-кварцевой фации.

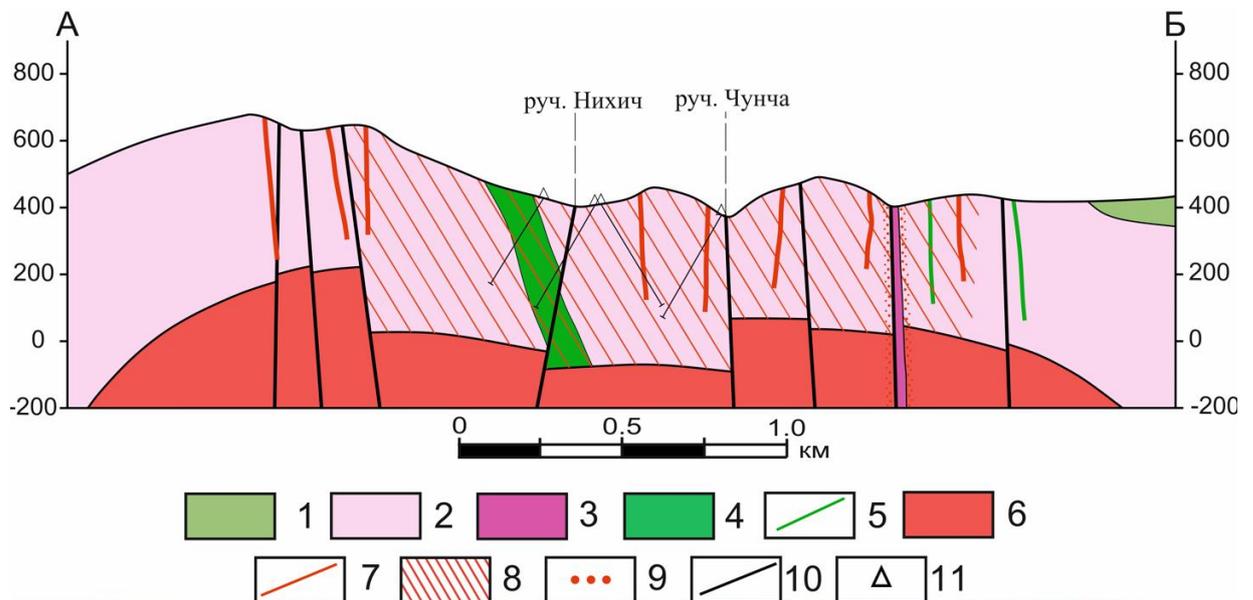


Рис. 33. Геологический разрез рудного поля месторождения Перекавное по линии АБ (см. рис. 32). 1 – окварцованные игнимбриты риодацитов вархаламской толщи (ранний этап развития ОЧВП); 2 – среднетриасовые (анизийский ярус) алевролиты, аргиллиты, углистые сланцы, вмещающие оруденение; 3 – кайнотипные меловые субвулканические интрузии дацитов вархаламского комплекса; 4,5 – меловые интрузии габбро и габродиоритов (4) и дайки габброидов (5) гармандинского комплекса; 6 – предполагаемые (не вскрытые) позднемеловые (туронские?) интрузии гранодиоритов и гранитов (ранний этап ОЧВП); 7 – жилы кварцевые; 8 – штокверковая зона прожилкования; 9 – зона ороговикования; 10 – разломы; 11 – устья буровых скважин.

а



б



Рис. 34. Общий вид на зону штокверковой жильно-прожилковой минерализации на месторождении Перекатное.

а) центральная часть штокверка, вид на магистральные каналы (направление фотосъемки на ЮВ); б) зона сульфидизации СВ простираения (направление фотосъемки на З). Место фотографирования на (рис. 32).

Структура рудного поля имеет сложное строение; осадочные триасовые отложения смяты в складки, которые осложнены системой дизъюнктивных нарушений, играющих ведущую роль в рудообразовании.

Оруденение относится к штокверковому типу, куполовидной формы (около 1.5×1.5 км). Штокверк представляет собой сеть маломощных жил (не более 0.4 м) и тонких прожилков (от нитевидных до 5 см). Протяженность жил достигает 15 м; их ориентировка подчинена системе Вархаламской и Доктомычанской группы разломов. Падение прожилков и жил согласное со сланцеватостью и трещиноватостью осадочных пород – около 25-45° (редко субвертикальное).

Состав жил и прожилков преимущественно кварцевый, сульфидно-кварцевый (рис. 35, 36). Содержание кварца в жилах около 95-100% состава; в малых количествах присутствуют хлорит, турмалин, эпидот, мусковит, акцессорные апатит и флюорит. Выделены три последовательные генерации кварца – от наиболее крупного молочно-белого к серому и далее до прозрачного. По данным термометрического анализа (метод гомогенизации и декрепитации) кристаллизация кварца происходила при средних и высоких температурах – от 400 до 600°C, с постепенным понижением до 200-180°C (Вержак, Дупляк, 1977 г.). Текстуры руд крустификационные, брекчиевые, редко полосчатые (рис. 37).

а



б



Рис. 35. Оруденелые породные разности рудного поля месторождения Перекатное.

а) в центральной части фотографии – ороговикованный алевролит с интенсивным штокверковым прожилкованием карбонат-кварцевого состава (рудного вещества до 20 %), в нижней левой части – обломок из жилы сульфидно-карбонат-кварцевого состава; б) вмещающие габбродиориты с тонкими просечками прожилков пирит-пирротин-кварцевого состава с выделением гидроксидов железа.



Рис. 36. Рудное поле месторождения Перекатное; развалы кварцевой жилы в борту канавы операции 1976 г.
Место и направление фотосъемки отмечено на (рис. 32).

а



б



Рис. 37. Керн скважин с рудными пересечениями месторождения Перекатное (диаметр NQ – 47.6 мм).

а) Скважина № Н 07-11, интервал 114.4 - 115.4 м – типичная сульфид-карбонат-кварцевая жила с массивной и брекчиевидной текстурой; на остальном интервале – тонко-прожилковые штокверковые прожилки; вмещающие алевролиты и песчаники интенсивно ороговикованы.

б) Скважина № Н 09-11, интервал 110 - 120 м – сульфид-карбонат-кварцевые жилы в осветлённых ороговикованных песчаниках; на остальном интервале – ороговикованные алевролиты в разной степени осветлённые.

Минералогическое исследование руд месторождения Перекатное проведено по материалам авторской коллекции (описания выполнены сотрудником СВКНИИ к.г.-м.н. М. И. Фоминной) и результатам минералогического анализа из Производственного отчета (Вержак, Дупляк, 1977 г.).

Обобщенные данные по распространенности рудных минералов в сульфидно-кварцевых жилах и прожилках представлены в таблицах 8 и В.5 (приложение В), куда вошли новые, ранее неустановленные на месторождении, минералы – молибденит, изостанин, кубанит, борнит, гессит, антимонит, лейкоксен, халькозин, ковеллин, церуссит.

Выделены три стадии образования гипогенных парагенетических ассоциаций рудных минералов (рис. 38, 39). Первая дорудная, представленная пиритом и ассоциирующая с кварцем первой генерации, хлоритом, мусковитом, эпидотом и турмалином. Вторая продуктивная – пирит, пирротин, троилит, халькопирит, кубанит, арсенопирит, молибденит, сфалерит, галенит, висмутосодержащий галенит, изостанин, борнит, антимонит, тетрадимит* (см. * табл. 8), гессит и самородное золото. Продуктивная стадия ассоциирует с более мелким серым кварцем второй генерации, турмалином, хлоритом и мусковитом. Заключительная пострудная стадия – марказит, ассоциирующий с прозрачным кварцем третьей генерации, апатитом и флюоритом. Выделяемый гипергенный этап представлен минералами гидроксидов железа, лейкоксеном, халькозином, ковеллином, скородитом, церруситом.

Таблица 8. Степень распространенности рудных минералов месторождения Перекатное

Группы минералов	Главные	Второстепенные	Редко встречающиеся
Гипогенные	Сфалерит Пирит Марказит Арсенопирит	Халькопирит Галенит Висмутосодержащий галенит Тетрадимит*	Пирротин Троилит Гессит Борнит Кубанит Молибденит Изостанин Антимонит Самородное золото
Гипергенные	Церуссит	Оксиды и гидроксиды Fe	Лейкоксен Халькозин Ковеллин Гидроксиды Pb

Примечание. Жирным шрифтом выделен комплекс минералов индикаторов золото-редкометалльных рудно-магматических систем (RIRGS). * – данные производственного отчета (Вержак, Дупляк, 1977 г.)



Рис. 38. Взаимоотношения рудных минералов месторождения Перекатное.

а) срastание сфалерита и пирита; сфалерит насыщен халькопиритом, а пирит корродирован мусковитом; б) гелеобразные формы пирита; в) развитие марказита по периферии пирита; г) срastание пирита, галенита и сфалерита; д,е) включения в сфалерите: д – халькопирита, галенита и борнита, е – халькопирита, галенита и пирротина; ж) развитие пирита, галенита и халькопирита между кристаллами арсенопирита; з,и) скопления арсенопирита: з – короткопризматического, и – длиннопризматического; к) чешуйки молибденита в породе; л-н) срastания сфалерита: л – с арсенопиритом с включением галенита, м – со станином (по периферии сфалерита), н – с пиритом; о) обособление висмутсодержащего галенита; п) формирование церуссита по периферии галенита; р) образование ковеллина и халькозина между прожилков лимонитизированного пирита. Сокращения: Ару – арсенопирит, Мк – марказит, Py – пирит, Fh – блеклая руда, Sph – сфалерит, Chp – халькопирит, Ac – акантит, Mu – мусковит, Gn – галенит, Bi-Gn – висмутсодержащий галенит, Bo – борнит, Stn – станнин, Mo – молибденит, Po – пирротин, Cer – серицит, Chs – халькопирит, Cov – ковеллин, Lim – лимонит.

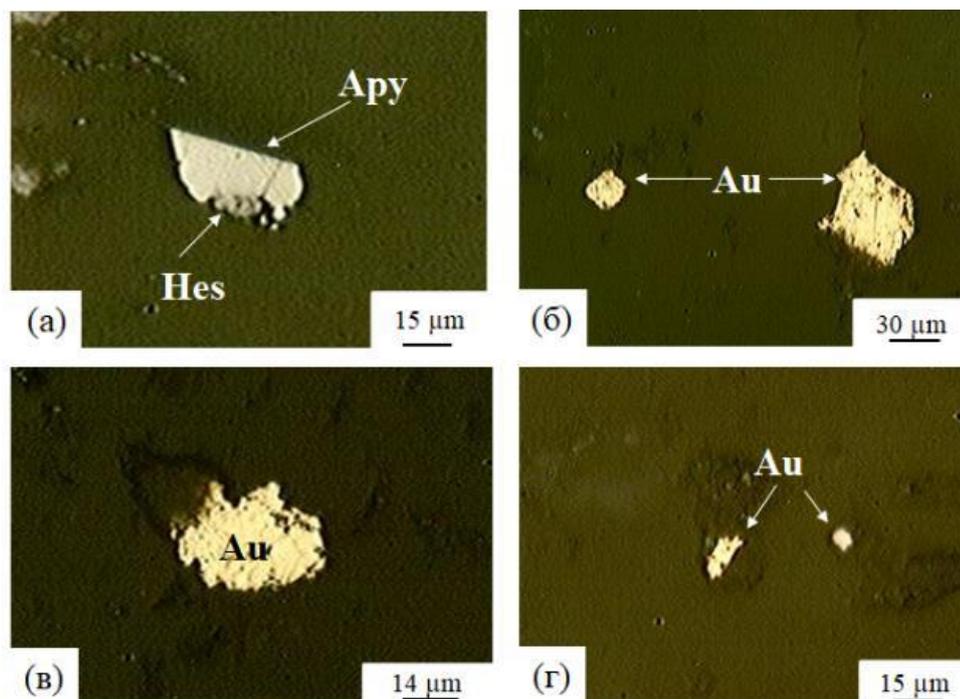


Рис. 39. Проявления благороднометалльной минерализации месторождения Перекатное.

а – срastание гессита с арсенопиритом; б-г – самородное золото в свободном состоянии в кварце.

Сокращения: Au – золото, Ару – арсенопирит, Hes – гессит.

Самородное золото отлагается по микропустотам в кварце (рис. 39б-г), а также образует срastания с арсенопиритом. Золотины интерстициального облика, со следами кристаллической огранки; ярко-желтого цвета и размерами 1-70 мкм (рис. 39). По данным микроаналитических исследований средняя пробность самородного золота составляет 864 ‰ при дисперсии от 837 до 891 (табл. В.5, приложение В).

Среднее содержание золота в пробах авторской коллекции составляет 0.6 г/т (максимальное содержание 1.3 г/т), серебра – 13 г/т (максимальное 28 г/т). Отношение Au и Ag на месторождении 1:2 - 1:5, максимальное 1:15. Геохимический спектр руд As-Au-Cd-Ag-Te-Bi (табл. А.4, приложение А).

Геохимическая зональность рудного поля месторождения Перекатное характеризуется как ненарушенная, что свидетельствует об одном гипогенном этапе рудогенеза. Геолого-геохимические данные свидетельствуют о незначительной степени эродированности месторождения, что, в свою очередь, может служить признаком высокого потенциала доразведки объекта на глубину по мере его отработки (Вержак, Дупляк, 1977 г.; Стрешневский, Абумуслимов, 1985 г., Шашкин, 2013 г.).

К настоящему времени данные о возрасте руд месторождения Перекатное ограничиваются авторскими материалами $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования мусковита из сульфидно-кварцевых жил штокверковой зоны (образец P1_127). В спектре значений выделено кондиционное плато из 5 ступеней, отвечающее возрасту 89 ± 2 млн лет (СКВО = 1.04, P = 0.38, 78.2% выделенного ^{39}Ar) (рис. 40; табл. Б.7, приложение Б). Предполагается, что золото-редкометалльное оруденение на

месторождении Перекатное ассоциирует с более древней невоскрытой интрузией кислого состава (Вержак, Дупляк, 1977 г.; Шашкин, 2013 г.), выраженной положительной аномалией магнитного поля. Возраст интрузии интерпретируется как туронский – 90 ± 2 млн лет, приближенный ко времени формирования Перекатненского оруденения.

Пространственная связь оруденения с гранитоидными интрузиями, геохимический спектр руд, термометрические данные по индивидуальным включениям в рудном кварце, характер надинтрузивных и гидротермальных изменений (ороговикование, грейзенизация), наличие комплекса минералов индикаторов – гессит, кубанит, изостаннин, молибденит, тетрадимит, свидетельствуют о принадлежности месторождения Перекатное к золото-редкометалльному оруденению.

В пределах Охотского сегмента ОЧВП известны золото-редкометалльные месторождения Тэутэджак, Волочек, Верхне-Семканское, для которых К-Аг методом датирования по мусковиту из рудных тел и метасоматически измененных пород определены альбские датировки 105-103 млн лет (табл. Б.6, приложение Б). Традиционно данные месторождения рассматривают в составе Удско-Мургальского вулканогенного пояса, а материалы изотопного датирования соотносят их образование с этапом, характеризующем смену субдукционного магматизма активной континентальной окраины на субщелочной внутриплитый трансформный режим (предтеча формированию ОЧВП) – 115-100 млн лет (Горячев, 2005; Горячев и др., 2013). С другой стороны, обозначенный временной интервал отвечает раннему этапу магматизма ОЧВП, наложенному на Удско-Мургальскую вулканическую дугу (см. глава 4); его выражением служат гранитоидные интрузии доальбского возраста, сосредоточенные в краевой внутренней (фланговой) зоне ОЧВП.

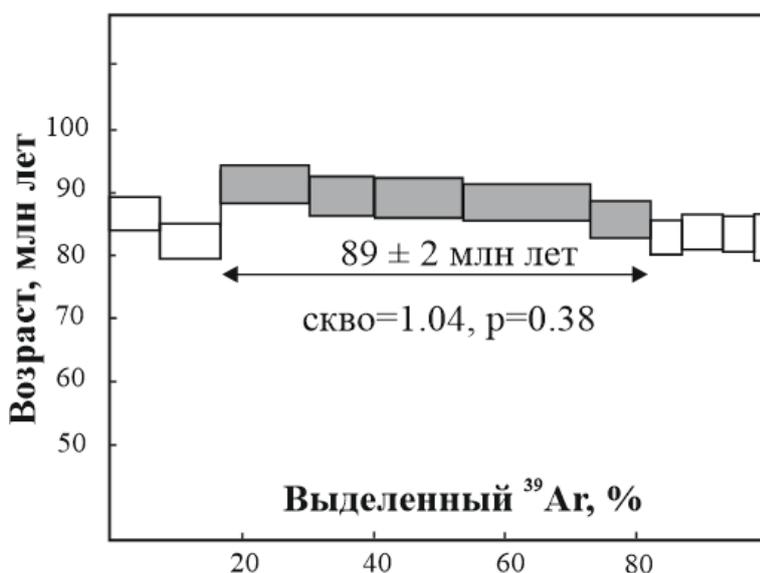


Рис. 40. Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования мусковита из мусковит-кварцевых сростков сульфидно-кварцевых жил месторождения Перекатное, по (Прийменко и др., 2022б). Образец P1-127. Цифры – оценка возраста плато.

В пределах Конгинской РМЗ рудопроявления золото-редкометалльного оруденения достоверно не установлены. Однако, в сходном структурном элементе ОЧВП – Коркодон-Наяханской зоне, известны рудопроявления Золотинка, Медвежий, Солнечный и многочисленные пункты минерализации, принадлежащие золото-редкометалльному типу; материалы по их изучению приведены в Производственных отчетах (Усачев и др., 2007 г.; и др.) и пояснительной записке к Металлогенической карте Колымо-Омолонского региона (Кузнецов и др., 2001 г.). Среди журнальных публикаций наиболее полно охарактеризовано рудопроявление Солнечное, расположенное в пределах рудного узла с хорошо изученным медно-порфировым месторождением Аксу (Соцкая и др., 2021).

Рудопроявление Солнечный расположено на междуречье Аксу и Прав. Аксу (правые притоки р. Сугой) (Соцкая и др., 2021). Золото-редкометалльная минерализация приурочена к контактовой зоне позднемелового гранодиоритового массива Незаметный (наяханский комплекс), прорывающего верхнетриасовые осадочные отложения хурканской и сугойской толщ. В контактовой зоне установлены дайки гранит-порфиров и аплитов наыханского комплекса и базальтов и андезибазальтов палеогенового возраста. Линейные минерализованные зоны дробления, кварцевого и сульфидно-кварцевого прожилкования (шириной 150-200 м и протяженность до км) приурочены к разломам северо-восточного и субширотного простирания. Рудные прожилки представлены кварцевым, кварц-хлоритовым, сульфидно-кварцевым и кварц-хлорит-сульфидным материалом. Сульфиды составляют от 3-5 до 15-20% содержания в породе; представлены преимущественно пиритом, в меньшем объеме арсенопиритом, редко галенитом, сфалеритом, халькопиритом. В мелкозернистом агрегате арсенопирита присутствуют многочисленные включения с золото-висмутовой минерализацией. Материалами штучного и сколкового опробования установлено, что содержание золота в пределах зон может варьировать от 0.01-0.1 г/т до более г/т; геохимические спектры комплексных аномалий по вторичным ореолам рассеяния указывают на значительную роль (наряду с золотом) мышьяка, висмута, вольфрама и кобальта (Усачев и др., 2007 г.; Маматюсупов, Михалицына, 2016; Соцкая и др., 2021). По данным В.Т. Маматюсупова и Т.И. Михалицыной (2016) отмечаются две геохимические ассоциации – золото-висмутовая и золото-мышьяковая со свободным золотом. Метасоматическая зональность прослеживается от экзоконтактовой зоны массива Незаметный (где развиты серицит-кварцевые метасоматиты с кварцевыми прожилками с пиритом и халькопиритом), которая на удалении от массива (2-3 км) сменяется пироксен-эпидот-плаггиоклазовой и далее кварц-полевошпатовой ороговикованной зоной с включениями кварц-актинолит-хлоритовых прожилков.

Золото-редкометалльные рудопроявления в большом количестве сосредоточены в Омсукчанской РМЗ, протягивающейся в субмеридиональном направлении, параллельно Коркодон-

Наяханской и Конгинской РМЗ и ортогонально по отношению к простиранию ОЧВП (см. рис. 3). Здесь оруденение данного типа – рудопроявления Снежное, Подгорное, Молодежное, Коренное, Малютка, ассоциирует с лейкогранитами (преимущественно калиевыми) омсукчанского комплекса (Кузнецов и др., 2001 г.).

5.3. Медно-молибден-порфировое оруденение

Медно-порфировые месторождения относятся к числу главных поставщиков меди, молибдена и золота; доля мирового производства меди составляет 50-60%, золота – 35-40%, молибдена – более 95% (Петров и др., 2020). Общеизвестным классическим примером распространения объектов медно-порфировой и золото-серебряной минерализацией являются месторождения-супергиганты Чилийской активной окраины – Чукикамата, Эль Теньенте, Рио-Бланко и др., с запасами меди более 100 млн тонн металла. Месторождения представляют собой скопления прожилково-вкрапленных руд с невысокими содержаниями меди и молибдена (десятые доли % для Cu и сотые - тысячные для Mo), при этом с большими и гигантскими объемами. Средние запасы золота в крупных медно- и золото-медно-порфировых месторождениях измеряются первыми сотнями, реже первыми тысячами тонн металла.

На сегодняшний день накоплен обширный фактический материал, посвященный особенностям генезиса и геодинамического положения, характеристике минерагенических, петрохимических и геохимических параметров и пр. медно-порфировых месторождений. Немалое количество обобщающих работ отечественных и зарубежных исследователей связано с разработкой геолого-генетических моделей медно-порфировых рудно-магматических систем и месторождений, установлению критерий поиска, прогноза, оценки и эффективной отработки рудных объектов (Попов, 1977; Титли и Бин, 1984; Кривцов и др., 2001; Мигачев и др., 2015; Петров и др., 2019, 2020; Звездов, 2019, 2022; Sillitoe, 1997, 2003, 2010; и др.).

В обобщенном виде медно-молибден-порфировое оруденение можно характеризовать следующими параметрами:

- месторождения расположены в пределах магматических (вулканоплутонических) поясов базальтоидного (островодужные) и андезитоидного (окаинно-континентальные андийские) типов; приурочены к интрузивно-купольным поднятиям; генетически связаны с небольшими гранитоидными интрузивными и субвулканическими телами малоглубинных комплексов порфировых пород; в ряде случаев медно-порфировое оруденение распространяется и во вмещающие эффузивные, осадочные и метаморфические породы;

- промышленные концентрации молибдена и меди сосредоточены преимущественно в эндо- и экзоконтактовых зонах гранитоидных тел (высококальвивые порфириты магнетитовой или ильменитовой серии);

- оруденение прожилково-вкрапленного типа; формирует медно-молибденовые штокверковые зоны, которые на периферии сопровождаются полиметаллической минерализацией с золотом; прожилки сложены большей частью кварцем и карбонатными минералами; рудные минералы – халькопирит, молибденит, пирит, сфалерит, серебросодержащий галенит, золото;

- интенсивность оруденения носит зональный характер; внутренняя зона – вкрапленники медных руд, промежуточная – прожилковые медные руды, внешняя – жильная полиметаллическая минерализация;

- соотношение в рудах меди и молибдена варьирует в широких пределах; коррелируется с типом рудоносного порфирирового магматизма, определяющим тип месторождения; так Cu-порфирировый и Cu (Au)-порфирировый тип связан с интрузиями диоритового состава, Mo-Cu-порфирировый – гранодиоритового, Cu-Mo-порфирировый – монзонитового, Mo-порфирировый – гранитового;

- в Cu-Mo соотношениях косвенно отражается роль мантийно-коревой составляющей (коревая контаминация рудоносных магм); так существенно медные руды (в ряде случаев с высокими содержаниями золота) формируются в месторождениях островодужных (базальтоидных) вулканоплутонических поясов;

- широкий диапазон температур рудно-метасоматических процессов (от 700 до 100°C);

- высокая соленость рудообразующих флюидов; рудовмещающие гранитоиды гидротермально измененные; оруденение Mo-Cu-порфирирового рудноформационного типа сопровождается аргиллизит-вторичнокварцитовыми и аргиллизит-серицит-кварцевыми метасоматитами, Mo-Cu и Cu-Mo – аргиллизит-гумбеитовыми изменениями, преимущественно Cu типа – пропицитизацией, серицитизацией и окварцеванием.

На Карте закономерностей размещения золото-медно-порфирировых месторождений России (Петров и др., 2020) в пределах Дальневосточного федерального округа, по разным оценкам, располагается порядка 200 рудных и потенциально рудных узлов, перспективных на обнаружение рудной минерализации золото-медно-порфирирового типа. Наиболее крупные из них относятся к структурам Восточно-Тихоокеанского окраинно-континентальных интрузивно-вулканических поясов *мезозойского возраста* – месторождение Песчанка или Анюйское (Баимский рудный район, Чукотский Автономный округ) и Малмыж (Нижнеамурский рудный район, Хабаровский край) (рис. 41, 42). Детальное описание данных месторождений и оценка перспектив вулканоплутонических поясов восточных районов России на золото-медно-порфирировый

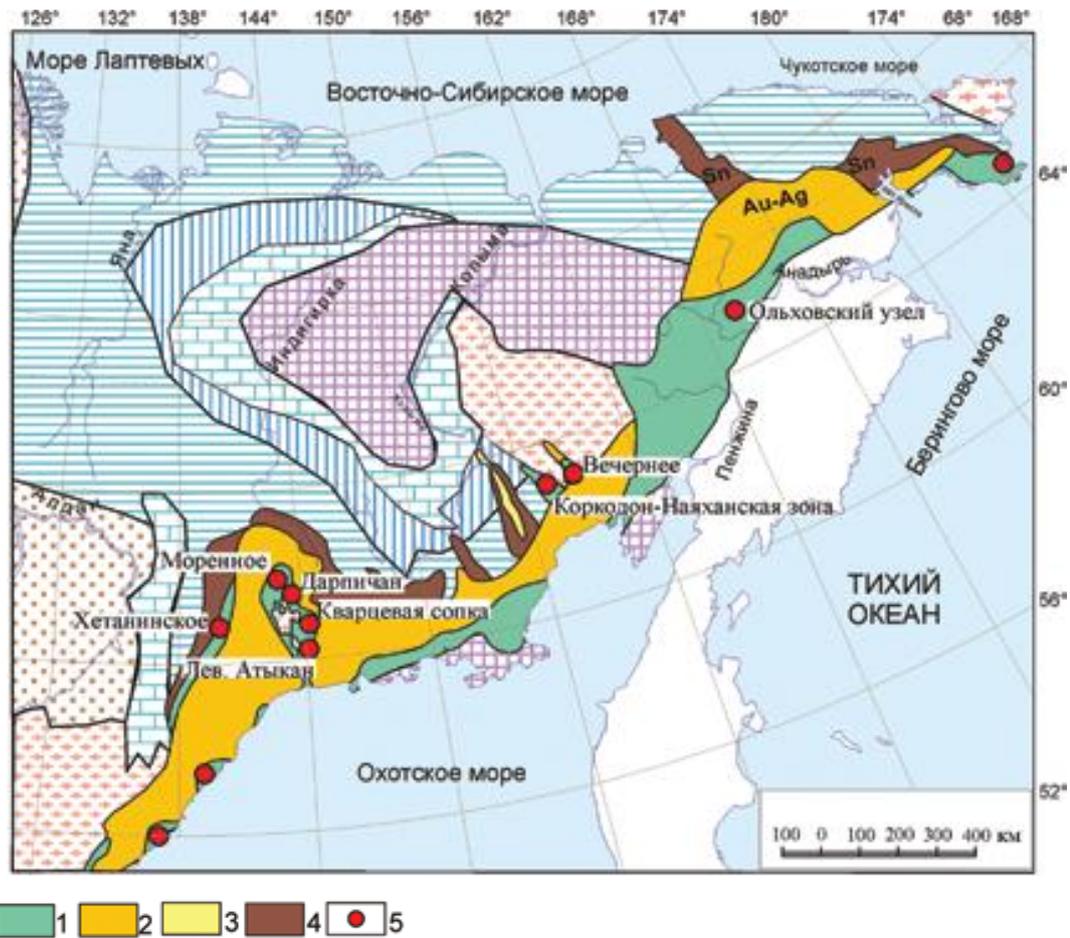


Рис. 42. Металлогеническая зональность ОЧВП по профилирующим типам оруденения, по (Петров и др., 2019).

1 – оруденение медно-порфиорового семейства (Au-Cu, Mo-Cu, Au-Mo-Cu, Mo); 2 – эпитермальное золото-серебряное; 3 – эпитермальное серебряное; 4 – оловянное, олово-вольфрамовое, олово-серебряное; 5 – рудопроявления и потенциальные рудные узлы медно-порфиорового семейства. Прочие условные обозначения на рис. 41.

Охотско-Чаунская металлогеническая провинция включает ОЧВП и пространственно тесно совмещенный с ним более поздний Удско-Мургальский (поздняя юра – ранний мел) окраинно-континентальный вулканоплутонический пояс. Специфика расположения и строения вулканогенных поясов, наложение и пересечение разновозрастных окраинно-континентальных вулканических комплексов с островодужными (Олойский вулканоплутонический пояс), наличие поперечных тектоно-магматических зон (Конгинская и Коркодон-Наяханская), проникающих вглубь ОМ с жестким древним метаморфическим фундаментом и пр., позволяют рассматривать потенциал Охотско-Чукотского и Удско-Мургальского вулканических поясов как значительный, а для ряда объектов – перспективный (Петров и др., 2019). Перечень и краткий обзор по медно-порфиоровым объектам Охотско-Чаунской провинции приведен в работах Е.Е. Коловой с соавторами (2022, 2023).

Подавляющее большинство изученных медно-порфиоровых объектов расположены в пределах развития вулканитов Удско-Мургальского пояса, специализированного на Cu, Mo и Au (Горячев., 2005; Савва, 2005; Палымский, Горячев, 2015); к ярким представителям относят-

ся: месторождения: Кони-Пьягинского сегмента (по Соколов и др., 1999) – Лора, Тальниковый, Викинг (мыс Павловича), Икримунское; Охотского сегмента – Уптар; Тайгоносского сегмента – рудопроявление Тикас и др; также многочисленные, находящиеся на стадии изучения, перспективные медно-молибденовые участки побережья Охотского моря – залив Шельтинга, зал. Бабушкина, мыс Павловича и др. (Савва, 2005; Колова и др., 2022). Рудообразование связано с небольшими (преимущественно многофазными) интрузивными телами гранодиоритов и диоритов (часто порфировидных), которые прорывают вулканогенные и вулканогенно-осадочные позднеюрско-раннемеловые и раннемеловые образования. По материалам изотопного датирования период формирования рудоносных гранитоидных тел – 103-86 млн лет, соотносится с ранним (альбским) этапом магматической активности ОЧВП (Колова и др., 2019).

Рудопроявления Лора и Тальниковый расположены на п-ове Пьягина; входят в состав Накхатанджинского рудного района (Колова и др., 2023). Объект Лора приурочен к северной части Среднинского гранитоидного массива магаданского комплекса, который прорывает позднеюрские-раннемеловые вулканогенные образования (Радченко и др., 2001; Савва, 2005). В пределах рудного поля роговообманково-биотитовые гранодиориты, переходящие в тоналиты, вмещают продуктивные эксплозивные брекчии с вкрапленным медно-молибденовым оруденением. Выделено четыре стадии формирования руд (Савва, 2001). Содержания полезных компонентов: Cu – 0.5 и более %, Mo – 0.025-0.05 % (до 7 г/т), Au – 0.02-2.1 г/т (Савва, 2005; Геодинамика..., 2006). Запасы меди, по предварительной оценке, составляют 131 тыс. тонн, при среднем содержании 0.4 % (Колова и др., 2023). Возраст оруденения материалами U-Pb (SHRIMP) датирования циркона из рудоносных гранитоидов определен как поздний альб – 103 млн лет (Колова и др., 2022); K-Ar датирование рудовмещающих диоритов-гранодиоритов, рудных прожилков и продуктивных эксплозивных брекчий (коллекция Н.Е. Саввы) показало возрастные значения 104-76 млн лет (Котляр, Русакова, 2004).

Тальниковское рудное поле сложено вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями позднеюрской-раннемеловой сигланской и раннемеловыми поперечной и мэлдэксской толщами (Колова и др., 2023). Рудообразование связано с внедрением интрузивных тел порфировидных кварцевых диоритов и гранодиоритов, возраст которых материалами U-Pb (LA-ICP-MS) датирования циркона составил 91 ± 2 млн лет (2σ , СКВО = 0.26), туронский век (Колова и др., 2023); ранее интрузии рассматривались в составе раннемелового магаданского комплекса. На площади рудного поля установлены ореольные зоны гидротермолитов пропилитового, калишпатового и филлизитового состава. Рудоносные интрузии сопровождаются крутопадающими телами гидротермально-эксплозивных брекчий (обломков окварцованных и сульфидизированных лав и туфов в кварц-полевошпатовом цементе).

В границах Эвенского рудного района медно-молибден-порфировая минерализация установлена в пределах золото-серебряного алуנית-кварцевого рудопроявления Туромча (его описание приведено в подразделе 5.1.3.). Здесь, в пределах Туромчинского рудного поля отмечаются высокие концентрации висмута, меди и молибдена, а в границах Туромчинского рудного узла большое количество молибденовых и медных пунктов минерализации. Материалами геофизических работ (Прийменко, Поздеева, 2022 г.) на площади Туромчинского рудного узла прогнозируется медно-порфировое оруденение, локализованное на глубине более 100 м. Возраст рудообразования косвенно устанавливается результатами U-Pb LA-ICP-MS датирования циркона из диоритового порфирита штока, прорывающего интенсивно измененные вулканиты вархаламской толщи – 79 ± 2 млн лет, кампан (табл. Б.6, приложение Б).

Ряд медно-порфировых объектов сосредоточен в краевой южной части Охотского сегмента (внутренней зоне ОЧВП) – рудопоявления Пиритовый, Усинское, мыс Речной; их описание в открытой печати ограничивается данными о составе и возрасте рудоносных интрузивных тел (Колова и др., 2022). Так U-Pb SHRIMP датирование гранодиоритов, слагающих шток мыса Речной показало значение 100 млн лет, диоритов рудопоявления Пиритовый – 87 млн лет; Re-Os изотопия молибденита Усинской рудной зоны – 99 млн лет.

Наиболее перспективным объектом ОЧВП на золото-медно-порфировое оруденение, по оценке О.В. Петрова с коллегами (2019), является Ольховский потенциальный рудный узел, расположенный в пределах Анадырского сегмента ОЧВП (рис. 42). Здесь находится штокверковое медно-порфировое рудопоявление Ольховка, присутствуют россыпи самородного золота и вторичные ореолы рассеяния меди и золота. Прогнозные ресурсы, рассчитанные в ходе прогнозно-минерагенических работ при составлении миллионного листа – Q-59 – Марково, Гос.геол.карты (Государственная..., 2012) составляют 3 млн тонн меди. Возраст оруденения оценивается материалами Rb-Sr датирования мономинералов (калиевого полевого шпата, плагиоклаза, амфибола и мусковита) из рудогенного монзонита – 78 ± 2.6 млн лет (СКВО=0.23), и U-Pb SHRIMP датирования циркона той же породы – 78 ± 0.65 млн лет (Rogacheva, Baksheev, 2010).

Медно-молибден-порфировые рудопоявления Коркодон-Наяханской РМЗ – Верхне-Омолонское, Наяхан, Аксу (или Ак-Су), и Конгинской – Захаренко, Лабазное, руч. Бодрый, Вечернее, Хрустальное, в целом имеют сходное строение. Оруденение связано с диоритовыми, гранодиоритовыми и сиенит-монзонитовыми штокообразными телами викторинского и наяханского комплексов, которые прорывают раннепротерозойские метаморфические породы фундамента ОМ, рифейские терригенно-карбонатные отложения, осадочные породы ордовика, перми и триаса и вулканогенные образования среднепалеозойской кедонской серии и раннемеловой конгинской свиты. Руды характеризуются Mo-Cu-Au геохимической специализацией

(Акинин и др., 2019; Соцкая и др., 2021). Нередко во фланговых частях рудных полей присутствует серебро-полиметаллическое оруденение сульфидно-кварцевого типа, связанное с вулканоплутоническими структурами (рудопроявления Захаренко, Лабазное), либо скарнового – на контакте интрузивных тел и карбонатных толщ (рудопроявление Кустики/Седое). Описание рудного объекта Кустики/Седое приведено в разделе 5.4., посвященному серебро-полиметаллическому оруденению.

Коркодон-Наяханская зона оценивается «как один из крупнейших в перспективе молибденово-рудных районов в России с общим ресурсным потенциалом более миллиона тонн молибдена» (Петров и др., 2019). Присутствующие здесь рудные объекты относятся к оруденению штокверкового и вкрапленного типов. В центральной части Коркодон-Наяханской зоны располагается молибденовое месторождение штокверкового типа Аксу; материалы его комплексного изучения приведены в коллективных работах (Акинин и др., 2019; Соцкая и др., 2021). Оруденение приурочено к интрузивно-купольному поднятию; генетически связано с небольшими штоками диоритовых порфириров наяханского комплекса, которые прорывают поздне триасовые – ранне-среднеюрские осадочные толщи. Рудная минерализация штокверковых кварцевых прожилков представлена молибденитом, арсенопиритом, пиритом. Предлагается схема последовательности формирования рудно-магматической системы Аксу, разделенная на три стадии (Соцкая и др., 2021): первая отвечает за формирование золото-висмутовых руд в контактовых зонах гранодиоритового плутона Незаметный (по материалам Н.Е. Саввы с коллегами [2014] – стадия золото-редкометалльного оруденения); вторая – внедрение штоков диоритов и интенсивный калишпатовый и эпидот-актинолитовый метасоматоз с формированием молибденпорфировых руд в центральной части площади; третья – завершение порфирового оруденения с параллельным образованием серебро-полиметаллических (с золотом) сульфидно-кварцевых жил. В центральной и фланговых зонах штокверка в кварцевых брекчиях установлены проявления золотой минерализации. На северо-западном фланге месторождения находится золото-редкометалльное рудопроявление Солнечное, а на юго-восточном – серебро-полиметаллическое (с золотом) рудопроявление Высокое (Соцкая и др., 2021).

Материалы изотопного датирования включают данные о возрасте гранодиоритового массива Незаметный и диоритового штока Аксу – 84 ± 1 и 86 ± 1.3 млн лет соответственно (U-Pb SHRIMP-метод) и молибденита из кварцевых прожилков месторождения Аксу – 84 ± 0.5 млн лет (Re-Os метод) (Акинин и др., 2019).

Описание медно-порфировых рудопроявлений Вечернее и Хрустальное, расположенных в пределах Конгинской РМЗ, приведено в коллективных работах А.В. Алексеенко (1990) и Н.А. Горячева (2017). Оруденение связывают с гранит-порфирами и гранодиорит-порфирами викторинского магматического комплекса. В пределах рудного поля выделены три минеральных па-

рагенезиса: гранат-магнетитовый (скарновый), пирит-арсенопирит-молибденит-полисульфидный, золото-серебро-теллуридно-висмутовый; содержания полезных компонентов в рудах составляют: Mo – до 0.2%, Cu – 0.5 %, Ag – 85 г/т, Au – 3.7 г/т. В пределах рудного поля Хрустальное находится железорудное месторождение Скарновое (Фадеев, 1974), которое приурочено к экзоконтактовой зоне граносиенитового штока викторинского комплекса и карбонатных отложений заросшинской свиты рифея (Горячев и др., 2017; Глухов и др., 2021e). Незначительные железорудные скарновые залежи отмечаются на рудопроявлении Вечернее (Пак, 2002).

У восточной краевой части Конгнинской РМЗ находятся Захаренковское и Лабазнинское рудные поля; здесь медно-молибденовое штокверковое оруденение на периферии сменяется жилами и прожилками с золото-серебро-полиметаллической минерализацией. Рудопроявления имеют сходное геологическое строение. Расположены в южной части Кедонского поднятия ОМ, в районе долгоживущего Верхне-Омолонского глубинного разлома северо-восточного простирания, среди выходов метаморфических пород дорифейского кристаллического фундамента и полей среднепалеозойских вулканитов кедонской серии (см. рис. 1, 2, 3).

Детальные работы на рудных участках Захаренко и Лабазное включали отбор образцов на проведение геохимического и минералогического (рудопроявление Захаренко) исследований и изотопное датирование руд и рудовмещающих образований; результаты отражены в коллективных публикациях (Глухов, Прийменко и др., 2021e, д; Соловьёв, Прийменко и др, 2023).

Рудопроявление Захаренко (верховья рр. Захаренко и Произвольный) находится в пределах крупной одноименной вулcano-тектонической структуры среднепалеозойского возраста и приурочено к интрузивно-купольному поднятию, в ядре которого обнажается шток (площадью 0.5-1 км²) диорит-гранодиоритов викторинского комплекса. Шток многофазного строения – от габбро-диоритов до диоритовых порфиритов и гранодиоритов; прорывает туфы и игнимбриты риолитов кедонской серии (рис. 43). На периферии штока установлены субвулканические тела риолитов кедонского вулканического комплекса. В контактовой зоне кислые лавы преобразованы до филлизитов – пирит-серицит-кварцевого состава. К наиболее измененным участкам приурочены продуктивные рудные зоны – сульфидно-кварцевые штокверки (рис. 44, 45) с пиритом, пирротинном, халькопиритом, сфалеритом (табл. В.6, приложение В) и молибденитом содержания молибдена и меди в них до 0.03%, свинца – до 0.06 %, цинка – до 0.04 % (Русакова, 1996 г.; Кудиенко, 2002 г.; Глухов и др., 2021e).

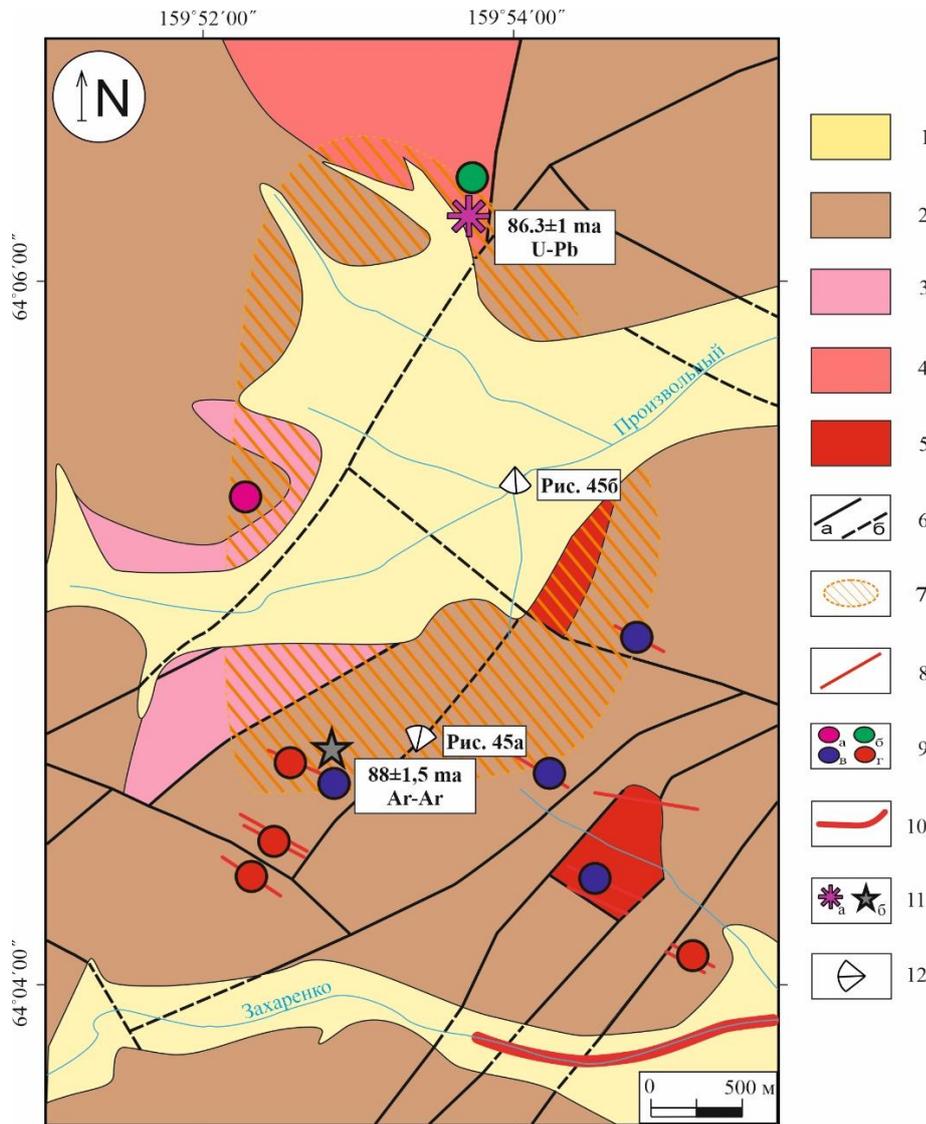


Рис. 43. Схематичная карта геологического строения рудопроявления Захаренко, по (Кудиенко, 2002 г.; Глухов и др., 2021) с дополнениями.
 1 – четвертичные отложения; 2 – среднепалеозойские туфы и игнимбриты риодацитов кедонской серии (ледниковая и произвольнинская толщи); 3 – дорифейские гнейсы кристаллического фундамента Омолонского массива; 4,5 – меловые интрузивные тела викторинского комплекса: 4 – диорит-гранодиориты, 5 – диоритовые порфиры; 6 – разломы установленные (а), предполагаемые (б); 7 – сульфидно-кварцевый штокверк с Cu-Mo минерализацией; 8 – кварцевые жилы с Au-Ag-Pb минерализацией; 9 – пункты минерализации и продуктивные сечения в жильных зонах: а – молибдена, б – меди, в – полиметаллические, г – золота; 10 – россыпи золота в долине р. Захаренко; 11 – места отбора проб и результаты датирования: а) U-Pb, б) Ar-Ar методами; 12 – место и направление фотосъемки.

а



б



Рис. 44. Тонкое сульфидно-кварцевое штокверковое прожилкование рудопроявления Захаренко.
 а) сульфидно-кварцевое (до 10% рудного вещества) тонкопрожилковое; б) карбонатно-кварцевое жильное (рудных минералов не более 3%). Фотографии А. Н. Глухова.

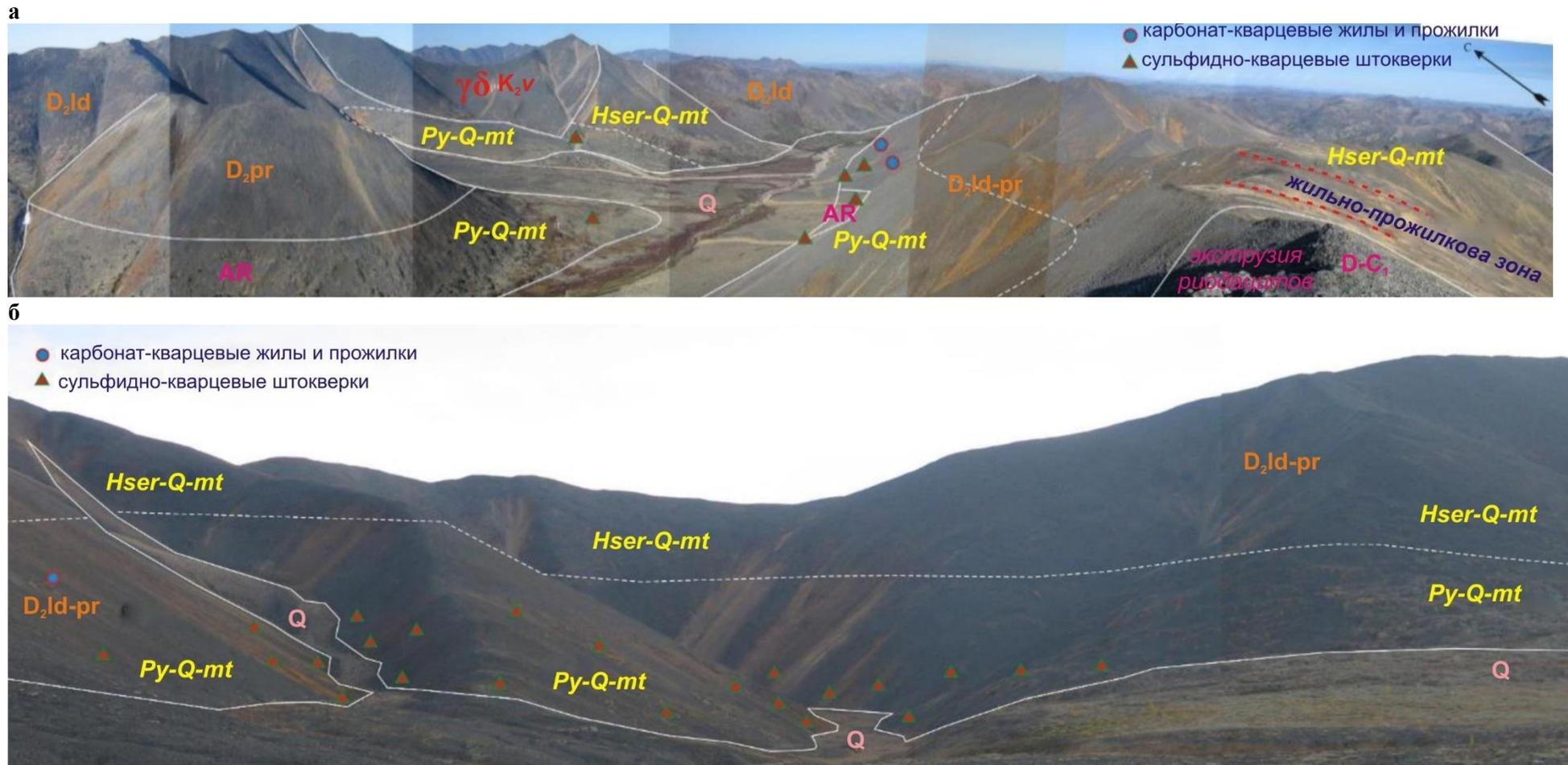


Рис. 45. Панорамный вид на штокверковую и жилные зоны рудопроявления Захаренко.

Южная (а) и северная (б) части участка. Q – четвертичные отложение; D_2 – вулканиты кедонской серии: ld – ледниковская, pr – произвольнинская толщи; $\gamma\delta K_2v$ – гранодиориты викторинского комплекса; AR – выступ кристаллического фундамента ОМ. Сокращения: Q – кварц, Py – пирит, Hser – серицит, mt – метасоматиты. Направление фотосъёмки на рис. 43. Фотографии А. Н. Глухова.

Прожилки и жилы – кварцевого, карбонат-кварцевого, барит-карбонат-кварцевого, сульфидно-кварцевого состава с мелко- и среднекристаллическим кварцем, в редких случаях друзовидным. Текстуры руд вкрапленные, сетчатые, реже брекчивые. Геохимический спектр прожилково-вкрапленной минерализации Mo-Ag-Pb-Cu-Zn-Ag. На периферии штокверковых зон сконцентрированы кварцевые жилы и прожилки с золото-серебро-полиметаллической минерализацией (рис.44б). Здесь они представлены среднезернистым друзовидным и полупрозрачным кварцем; рудные минералы – пирит, сфалерит, халькопирит, пирротин, самородное золото и петровскит; рудные минеральные ассоциации двух типов – полисульфидная (пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит) и золото-серебряная (электрум, петровскит) (рис. 46; табл. В.6-7, приложение В). Для кварцевых жил и прожилков, несущих золото-серебро-полиметаллическую минерализацию, содержания составили: золота – до 20 г/т, серебра – до 88 г/т, свинца – более %; геохимический спектр жил Au-Pb-Ag-(W, Mo)-As; пробность золота 613 - 732 ‰ (табл. В.7, приложение В).

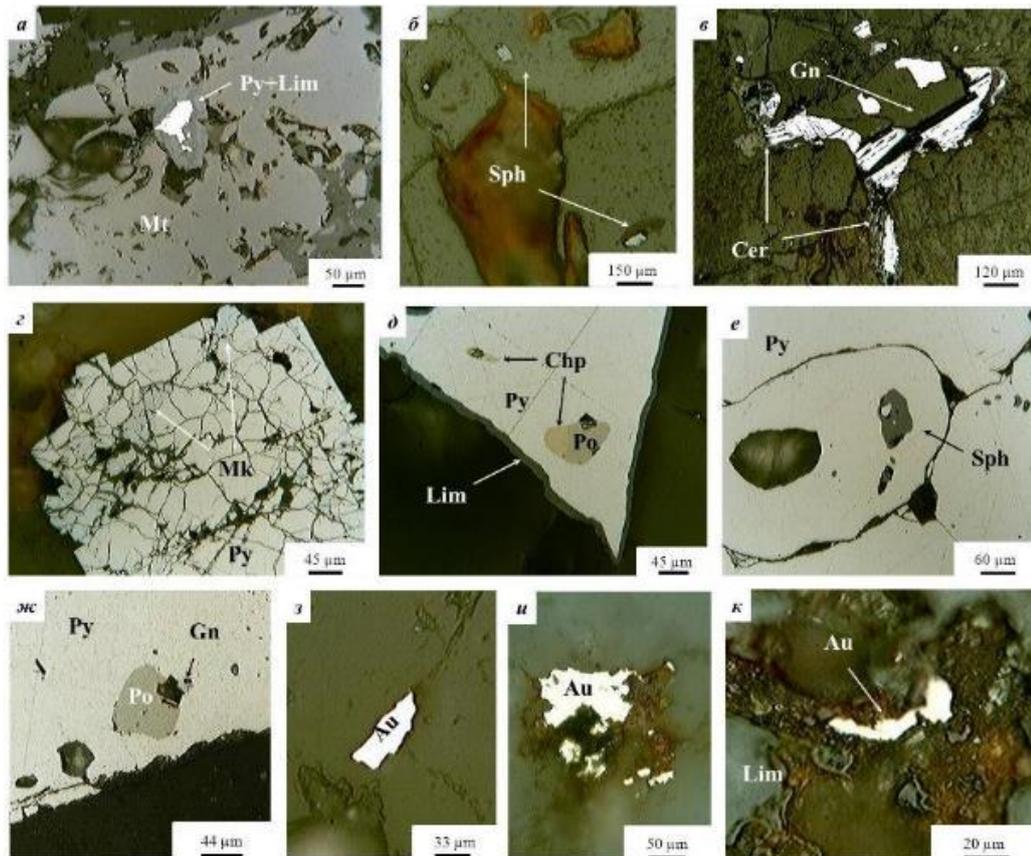


Рис. 46. Минералогия золото-серебро-полиметаллического оруденения рудного поля Захаренко, по (Глухов и др., 2021).

а) включение пирита в магнетите; пирит по периферии замещен лимонитом; б) микровключения сфалерита в кварце; в) развитие церуссита по периферии галенита; г) полиморфное развитие марказита по пириту; д) пирротин в ассоциации с халькопиритом образуют включения в пирите; по периферии пирита развивается лимонит; е) включения сфалерита в пирите; ж) галенит и пирротин выполняют пустоты в пирите; з) включение самородного золота в кварце; и) ксеноморфное обособление самородного золота в кварце; золото корродируется лимонитом; к) включение самородного золота в лимонитизированном пирите. Сокращения: Au – золото, Py – пирит, Chp – халькопирит, Mt – магнетит, Lim – лимонит, Gn – галенит, Sph – сфалерит, Pp – пирротин, Mk – марказит.

Специализированные исследования рудного поля Захаренко включали детальный анализ образцов керн с интервала штокверкового оруденения (скважина № 15, кернохранилище Поисковых работ на рудопроявлении Захаренко в 2002 г., ответственный исполнитель В.Н. Кудиенко). Согласно материалам В.Н. Кудиенко опробование керн было выполнено только с интервалов рудных жил и прожилков, тогда как основная тонкопрожилковая штокверковая часть зоны не анализировалась (считалась не продуктивной). Переопробование керн с тонкопрожилкового интервала показало содержание золота до 1.2 г/т на два метра секции керн (рис. 47).

а



б



Рис. 47. Типы минерализации на участке рудопроявления Захаренко.

а) керн из скважины № 15 операции 2002 г.; тонкие штокверковые сульфидно-кварцевые прожилки в окварцованных игнимбригах риолита произвольнинской толщи кедонской серии;

б) мелкокристаллическая галенит-халькопирит-пирротин-пиритовая минерализация тонкого сульфидно-кварцевого прожилка в образце из керн.

Рудное поле Лабазное (междуречье рр. Сомнительный и Лабазный, левые притоки р. Мунугуджак) характеризуется слабой степенью эрозионного вскрытия штокообразной интрузии (по данным магниторазведки площадью около 5 км², включая скрытую часть свода). Здесь в центральной части рудного участка установлены выходы кварцевых сиенитов и монцодиоритов викторинского комплекса и субвулканических тел риолитов кедонского; по перифе-

рии интрузивных тел распространены дайки риолитов и базальтов (предположительно мелового возраста) северо-восточного простирания. Вмещающие вулканиты кедонской серии (игнимбриты и туфы риодацитов ледниковской и трахиандезиты снайперской толщ) в контактовых зонах преобразованы в серицит-кварцевые филлизиты с тонкими прожилками и вкрапленностью пирита, халькопирита, молибденита. Также в рудах отмечаются: сфалерит, галенит, самородное золото, гематит и магнетит, по (Паньков и др., 1990 г.). Площадь штокверковой зоны составляет 3.7 км^2 ($2.5 \times 1.5 \text{ км}$) (рис. 47). Результатами опробования прожилково-вкрапленных руд установлено содержание Mo и Zn – до 0.01%, Cu – до 0,005 %, Ag – не более 0.74 г/т, Au – до 0.3 г/т; геохимический спектр минерализации Mo-Zn-Au-Pb-Ag (Паньков и др., 1990 г., Глухов и др., 2021). По материалам В.Н. Панькова (1990 г.) содержание золота в штокверке достигает 0.56 г/т, серебра – до 51.7 г/т, молибдена – до 0.3 %.

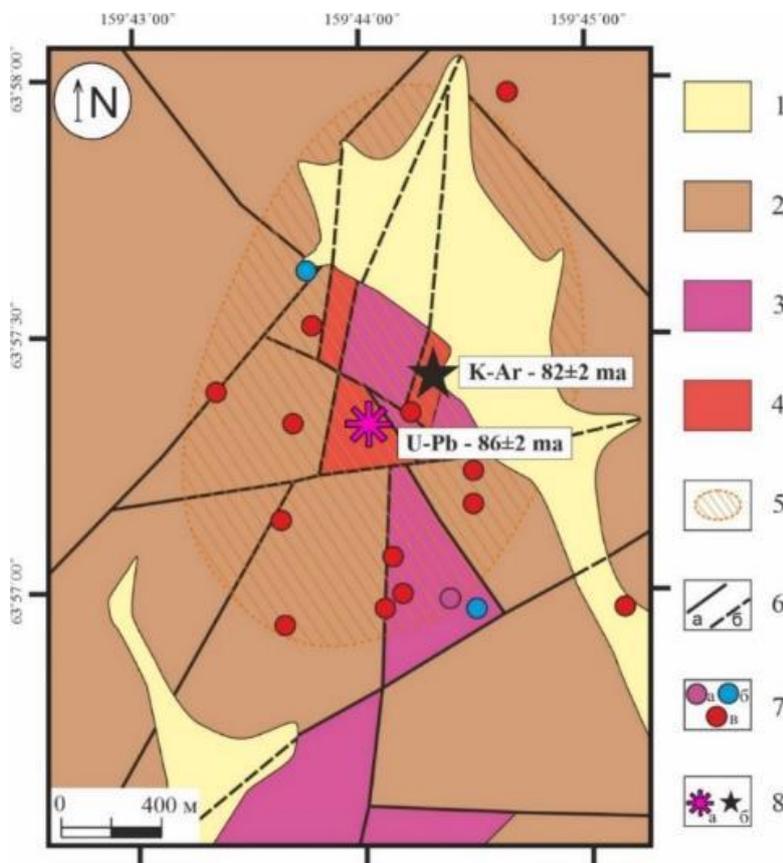


Рис. 48. Схематическая карта геологического строения рудопроявления Лабазное, по (Паньков, 1990 г.; Глухов и др., 2021), с дополнениями.

1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2,3 – среднепалеозойский кедонский вулканический комплекс: 2 – игнимбриты и туфы риодацитов кедонской серии, 3 – субвулканические тела риолитов; 4 – меловые интрузивные тела диоритов викторинского комплекса; 5 – сульфидно-кварцевый штокверк; 6 – разломы: установленные (а), предполагаемые (б); 7 – пункты минерализации: а – молибдена, б – цинка, в – золота и серебра; 8 – места отбора проб и результаты датирования: а) U-Pb, б) Ar-Ar методами.

В пределах штокверковой зоны установлены более поздние сульфидно-кварцевые жилы (мощностью от первых см до 3.5 м и протяженностью 750 м) с золото-серебро-полиметаллической минерализацией. Здесь условно выделена промышленно значимая зона (мощностью около двух метров, протяженностью 400 м и высотой подвески 130 м), где средние содержания золота составляют 8.5 г/т (до 22 г/т), серебра – 20 г/т (до 627 г/т), свинца и цинка –

не более одного % (В.Н. Паньков, 1990 г.), при этом содержания меди и молибдена не определялись (Соловьёв и др., 2023).

Геологическое строение и минералого-геохимический профиль Захаренковского и Лабазнинского рудных полей сопоставимы с полнопроявленной порфирово-эпитермальной рудной системой (Коваленкер и др., 2006; Sillitoe, 2010) и могут рассматриваться как продукт сопряженной во времени и пространстве двухуровневой минерализации – штокверковой медно-молибден-порфировой нижнего уровня и жильной золото-серебро-полиметаллической верхнего.

Значимые различия по содержанию золота в медно-молибденовых штокверковых зонах рудопроявлений Захаренко и Лабазное, очевидно, отражают степень продуктивности рудоносных систем и, как следствие, влияют на ресурсный потенциал и вероятность обнаружения промышленного оруденения (табл. А.6, приложение А). Следует отметить, что водотоки, расположенные вблизи Лабазнинского рудопроявления, богаты знаковыми содержаниями россыпного золота (рис. 49). Для золотин, извлеченных из «черного» шлиха при опробовании, результатами микрозондового анализа получена средняя пробность 955‰, свидетельствующая о «природном облагораживании» самородного золота (гипергенном растворении серебряной составляющей).

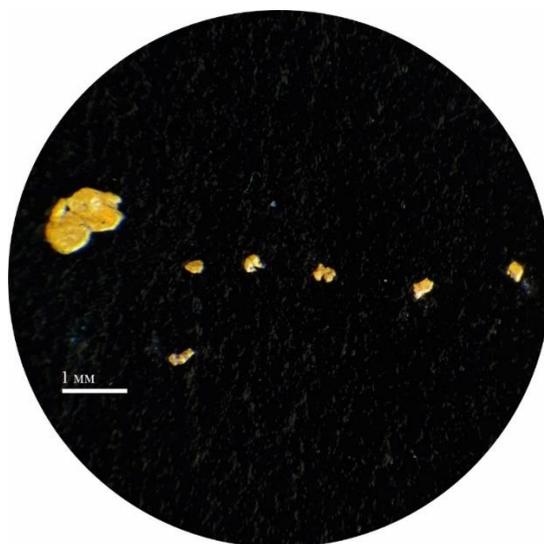


Рис. 49. Шлиховое самородное золото из водотоков, врезанных в зону золотоносного тонкопрожилкового сульфидно-кварцевого штокверка рудопроявления Лабазное.

Фотография В.Ю.Соловьёва.

Оценка возраста медно-порфирового оруденения Захаренковского и Лабазнинского рудных полей выполнена с помощью изотопных методов по образцам авторской коллекции рудовмещающих и рудоносных образований (см. рис. 12; табл. Б1, приложение Б). Для монцодиоритов, слагающих шток рудопроявления Захаренко, U-Pb (TIMS) методом по циркону получена датировка 86.4 ± 0.3 млн лет, для диоритового штока рудопроявления Лабазное – U-Pb (LA-SF-ICP-MS, анализ выполнен в ГИ СО РАН, г. Улан-Удэ) 86 ± 2 млн лет (коньяк-сантон). Близкие

значения (с учетом аналитической погрешности) установлены по рудоносным образованиям; так Ar-Ar датирование мусковита из филлизитов Захаренковского рудного поля показало 87.9 ± 1.3 млн лет (рис. 50 – данные возраста представлены после округления знаков после запятой; табл. Б.8, приложение Б), а по околожильному мусковиту рудопроявления Лабазное K-Ar методом определена датировка 82 ± 2 млн лет (табл. Б.9, приложение Б).

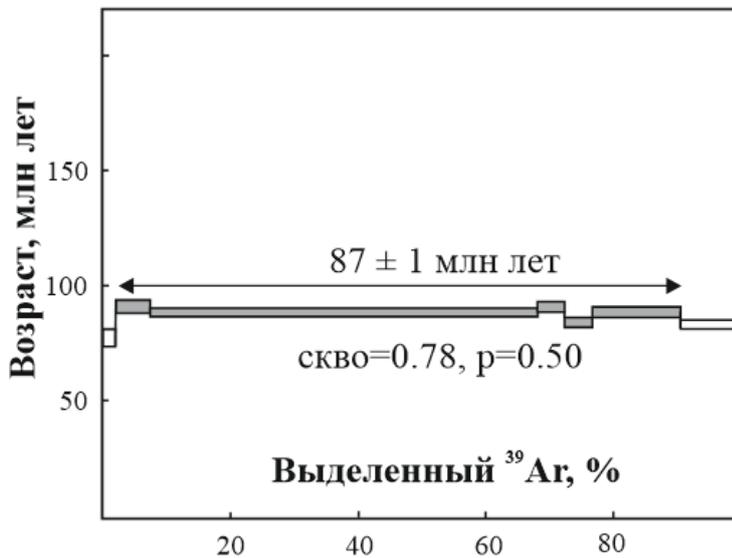


Рис. 50. Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования мусковита из околожильного филлизита рудопроявление Захаренко, по (Глухов и др., 2021).

5.4. Серебро-полиметаллическое оруденение

Из ранее выполненного обзора позднемеловых рудопроявлений и месторождения золота и серебра СВ региона видно, что в большинстве случаев серебро-полиметаллическое оруденение пространственно и во временном интервале сопряжено с медно-молибден-порфировыми, реже золото-серебряными объектами, и составляет с ними единый эволюционно-латеральный ряд в рамках общей рудно-магматической системы.

В пределах Конгинской РМЗ и Эвенского рудного района серебро-полиметаллическое оруденение представлено преимущественно оруденелыми скарнами, развитыми по карбонатным породам на контакте с гранитоидными интрузиями викторинского комплекса – Кустики/Седое, Жаркое, Мрачное, и др.; реже – сульфидно-карбонатными жилами и прожилковыми зонами в пределах рудопроявлений Вулкан, Гном, Терминэ, Упрямое и др. (Глухов и др., 2021). В приконтактной зоне гранитоидных интрузий и лавовых полей кислых вулканитов (как на рудопроявлениях Аксу, Захаренко, Лабазное) серебро-полиметаллическое оруденение локализовано в сульфидно-кварцевых жилах; их описание приведено в разделе 5.3.

Детальные исследования рудопроявления данного типа выполнено на объекте Кустики/Седое, расположенном в юго-западной части Конгинской РМЗ (см. рис. 2, 14), на правом берегу р. Русская-Коркодонская, в зоне северо-восточного Мрачненского разлома. Здесь в разные годы проводились геологосъемочные и поисковые работы (Усачев, Ликман, 1986 г.; Его-

ров, 1989 г.; Егоров 2000 г.). Минералогические и геохимические особенности серебро-полиметаллической минерализации отражены в публикациях Н.Е. Саввы (1989, 2018, 2019).

Рудопроявление Кустики/Седое приурочено к западной окраине Верхнебродненской интрузивно-купольной структуры, сложенной карбонатными породами ордовика, которые, в свою очередь, перекрыты среднепалеозойскими риолитами и игнимбритами кедонской серии. На западном фланге рудного поля обнажаются пермские известняки и терригенные отложения триаса (рис. 51, 52). Осадочные и вулканогенные образования прорваны небольшими интрузиями гранодиорит-порфиров и дайками габбро-диоритов викторинского комплекса (или ранне-каменноугольного булунского комплекса, по Савва, 2018). Вдоль контактовых зон с гранитоидными интрузиями развиты гранат-пироксеновые скарновые поля, которые пересекаются кварц-сульфидно-карбонатными прожилками, мощностью от нескольких миллиметров до 5-7 см (рис. 53а,б). Прожилковые зоны сопровождаются ореолами вкрапленных сульфидов до 6 метров (Савва, 2018).

Структура рудоносных прожилков мелко и среднекристаллическая; текстуры руд вкрапленные, реже полосчатые и массивные. Рудная минерализация представлена галенитом, сфалеритом, пиритом, арсенопиритом, халькопиритом, минералами серебра; редко встречаются – арсенопирит, леллингит, глаукодот, кобальтин, алтаит, гессит, теллуровисмутин, тетрадимит (табл. 9). По данным бороздowego опробования в полисульфидных жилах и прожилках содержания золота – до 8 г/т, серебра – до 197 г/т, свинца и цинка – не более % (Егоров, 1989 г.). Геохимический спектр минерализации Pb-Ag-Zn-As-Bi-W-Sb-Au-Cu-Mn (табл. А.7, приложение А).

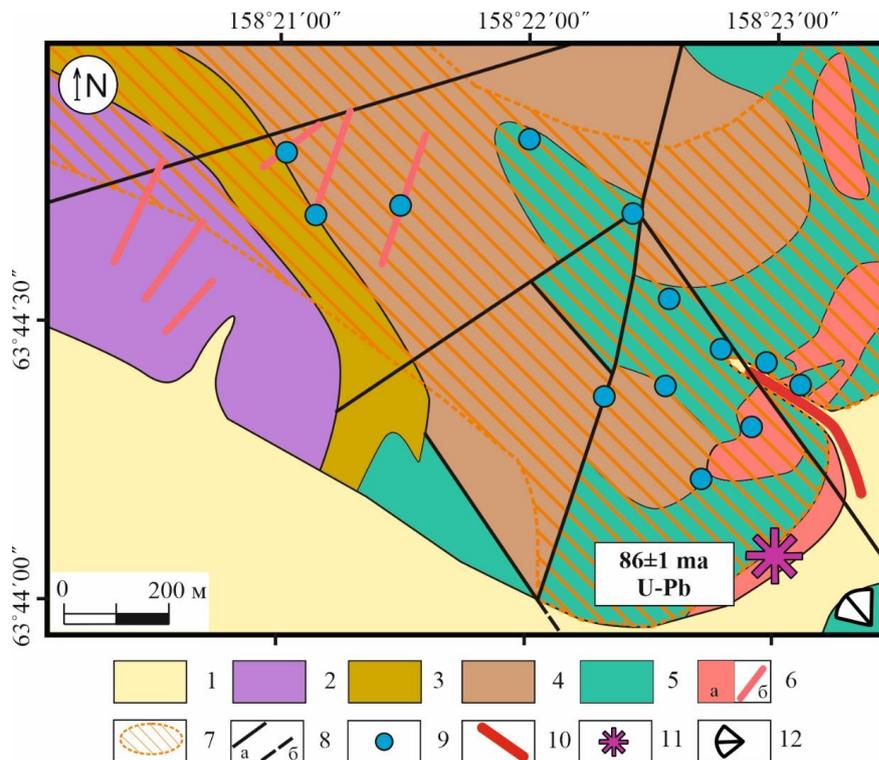


Рис. 51. Схема геологического строения рудопроявления **Кустики/Седое**, по (Глухов и др., 2021), с дополнениями.

1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – триасовые аргиллиты и алевролиты; 3 – пермские известняки; 4 – среднепалеозойские игнимбриты и туфы риодацитов кедонской серии; 5 – ордовикские известняки; 6 – меловые интрузии гранодиоритов (а) и дайки габбро-диоритов (б) викторинского комплекса; 7 – надынтрузивные изменения; 8 – разломы: а) – установленные б) – предполагаемые; 9 – пункты минерализации Ag, Pb, Zn; 10 – россыпь самородного серебра; 11 – место отбора пробы и результаты датирования U-Pb методом; 12 – место и направление фотосъёмки (см. рис. 52).

На площади рудопроявления, в среднем течении руч. Седого, установлена непромышленная аллювиальная серебряная россыпь, длиной около 800 м и шириной не более 20 м, с содержанием серебра 83.5 г/м^3 , золота – 0.33 г/м^3 (Егоров, 1989 г.). Самородки серебра встречаются в виде кристаллов и их сростков, дендритов, веретенообразной и слабо вытянутой формы; средняя крупность – 2.5 мм, при находках до 2.5 см (рис. 53в); встречаются самородки до 50 г (Музей Естественной истории СВКНИИ ДВО РАН, коллекция Саввы Н.Е.).

Согласно заключению Н.Е. Саввы рудопоявление Кустики/Седое относится к серебро-арсенидной формации, к объекту с длительной историей формирования руд (полигенного полиформационного типа), включающей три этапа: 1) метаморфогенный, связанный с региональным и контактовым метаморфизмом известковистых осадочных толщ (или стратиформный) – додевонский или ордовикский; 2) вулканоплутонический, как результат магматической активизации (или скарновый, плутогенный) – позднедевонский или палеозойский; 3) вулканогенный поздней активизации, связанный с формированием Конгинской ветви ОЧВП (или гидротермальный жильный) – раннемеловой или позднемезозойский (Савва, 2018). Сделан вывод о существенных отличиях серебряной минерализации объекта Кустики/Седое от месторождений серебра вулканогенных поясов (ОЧВП) и большем сходстве с пятиэлементной (Ag-Bi-Co-Ni-As) формацией древних щитов и платформ.

Альтернативную точку зрения высказывает А.Н. Глухов (2020), рассматривая рудопоявление Кустики/Седое как производную контактово-метасоматических скарново-рудных систем. Помимо характеристик, присущих скарново-полиметаллическим месторождениям, отмечается геохимическое сходство с серебро-полиметаллическими объектами Конгинской РМЗ и Пенжинского сегмента ОЧВП. Данной трактовки придерживается автор.

Косвенным подтверждением связи оруденения с вулканоплутоническими комплексами ОЧВП служат материалы изотопного датирования гранитоидных интрузий, ассоциирующих с оруденением; установленные возрастные значения сопоставимы с этапами тектономагматической активности ОЧВП (табл. Б.4, Б.6, приложение Б). Для диоритового порфирита, слагающего интрузивное тело на периферии участка Кустики/Седое, материалами U-Pb датирования по циркону (TIMS) получена датировка 86 ± 1 млн лет (см. рис. 12б; табл. Б1, приложение Б), отвечающая позднему этапу формирования ОЧВП.

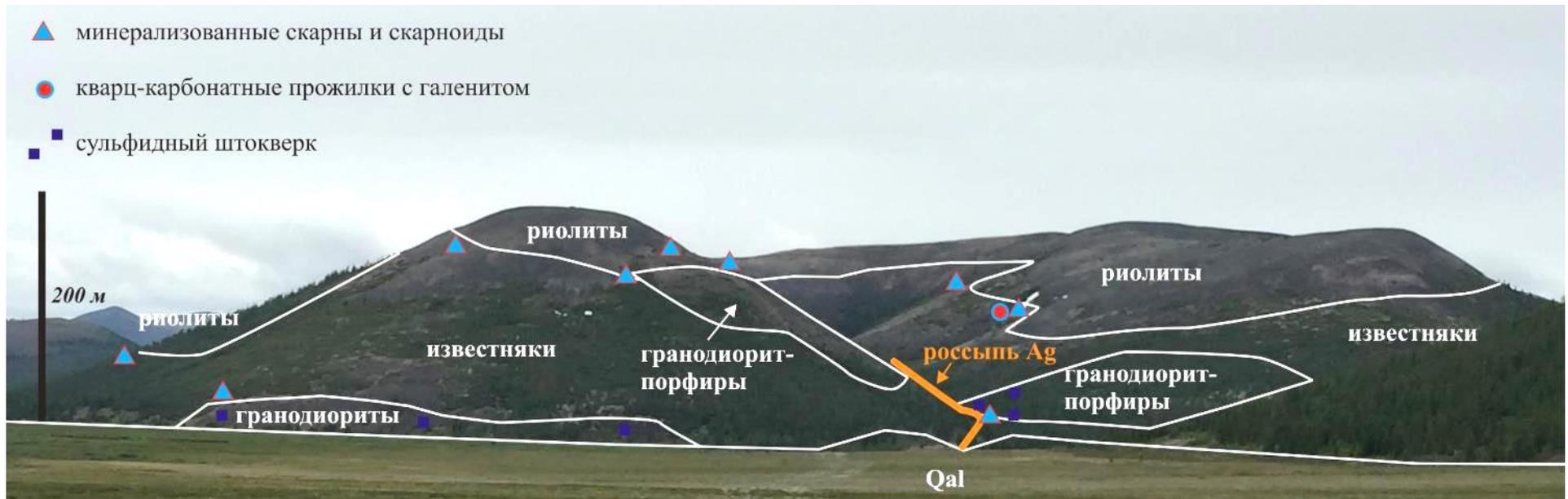


Рис. 52. Панорамный вид на юго-восточную часть скарнового серебро-полиметаллического рудопроявления Кустики/Седое.
 Фотография А.Н. Глухова, направление фотосъёмки на рис. 51. *Сокращения:* Qal – четвертичный аллювий, Ag – серебряная россыпь (оранжевая линия)

а



б



в



Рис. 53. Минерализация, характерная для рудопроявления Кустики/Седое (устанавливаемая макроскопически).
 а – гранатовый скарн с преобладанием пирит-пирротиновой минерализацией;
 б – образцы с полиметаллической минерализацией в тонких карбонат-кварцевых прожилках;
 в – самородное серебро из шлиха (среднее течение руч. Седой).

Фотографии образцов (а, б) А.Н. Глухова.

Таблица 9. Рудные минералы рудопроявления Кустики/Седое, по (Савва, 2018).

Главные	Второстепенные	Редко встречающиеся
Пирротин Сфалерит Леллингит Пирролюзит Галенит Пирит	Халькопирит Арсенопирит Магнетит Тетрадимит Штербергит Ярозит Скородит Англезит	Гессит Алтаит Петцит Самородное золото Акантит Аргентопирит Стефанит Прустит Пираргирит Глаукоdot Самородное серебро Лимонит Госларит Церуссит Малахит Азурит Борнит Ковеллин

В 60 км севернее от рудопроявления Кустики/Седое находится группа объектов – Вулкан и Гном (см. рис. 2, 14), характеризующих прожилковый тип серебро-полиметаллической минерализации (Глухов и др., 2021). Рудопроявления приурочены к гранитоидным интрузиям викторинского комплекса, которые прорывают среднепалеозойские вулканиты кедонской серии. Пропилитизированные вулканиты и гранитоиды рассекаются сульфидно-карбонат-кварцевыми жилами и прожилками. Содержания серебра в рудах достигают 700 г/т, золота – 2 г/т, свинца и цинка – более 10 %, марганца – около %. Геохимический спектр Pb-Ag-Zn-(Au, As, Cu)-Mn.

Схожим геологическим строением и вещественным составом руд обладает рудопроявление Теминэ, расположенное в южной части Конгинской РМЗ, в бассейне одноименного ручья (Глухов и др., 2021).

Рудопроявление Хивач находится в краевой южной части Конгинской РМЗ (см. рис. 14), вблизи золото-серебряного объекта Джелты (южнее, в 6 км); здесь серебро-полиметаллическая минерализация формируется в жилах и скарновых полях, развитых по пермским карбонатным поро-дам на контакте с гранитоидной интрузией викторинского комплекса. Предполагается генетическая связь серебро-полиметаллического рудопроявления Хивач с золото-серебряным Джелты (его описание приведено в разделе 5.1.).

5.5. Этапность мелового магматизма и сопутствующего оруденения Эвенского рудного района и Конгинской рудно-магматической зоны; сопоставление геологических, геохронологических и металлогенических данных

Позднемеловая металлогения ОМ и ОЧВП рассмотрена на примере наиболее промышленно значимых месторождений золота и серебра. В пределах ОЧВП – это Эвенский рудный район, принадлежащий Пенжинскому сегменту пояса, для ОМ – Конгинская и Коркодон-Наяханская РМЗ, являющиеся линейными (опереющими) структурными элементами ОЧВП (Мерзляков и др., 1982 г.; Кузнецов, 2006).

Анализ всей имеющейся информации по месторождениям и рудопроявлениям, генетически связанным с меловыми вулканоплутоническими комплексами показал, что металлогения золота и серебра Эвенского рудного района и Конгинской (отчасти Коркодон-Наяханской) РМЗ имеют как общие черты сходства, так и различия; установленное позволило сформулировать 1-ое защищаемое положение:

1. Конгинская рудно-магматическая опережающая зона Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП) имеет ряд отличий от главной рудно-магматической дуги пояса: редуцированность магматизма и оруденения раннего этапа (1); отсутствие редкометалль-

ного гранитоидного магматизма и связанного (RIRGS) оруденения (2), полей поздних базальтов и эпиптермальной золото-серебряной минерализации LS-типа (3); преобладание оруденения медно-порфировых рудно-магматических систем (4).

Обзор и оценка имеющейся петрохимической и геохронометрической информации по гранитоидным интрузиям Пенжинского сегмента ОЧВП и Конгинской (в том числе Коркодон-Наяханской и Омсукчанской) РМЗ (Глава 3, 4) позволяют выделить ряд особенностей:

- гранитоиды Конгинской РМЗ отличает повышенная щелочность, кремнекислотность и содержания LILE;

- гранитоидные интрузии, изотопные датировки которых сопоставимы с ранним этапом магматической активности ОЧВП (101-92 млн лет) сосредоточены преимущественно в краевой (внутренней зоне) ОЧВП, наложенной на Удско-Мургальский пояс (Кони-Пьягинский сегмент и береговая часть Охотского), с поздним (86-77 млн лет) – во внешней зоне ОЧВП и линейных Конгинской и Коркодон-Наяханской структурах, протягивающихся вглубь континента (центральную часть ОМ);

- отсутствие альбских датировок среди гранитоидов Конгинской и Коркодон-Наяханская РМЗ обусловлено асинхронным характером магматизма ОЧВП; внедрение гранитоидных интрузий северных ответвлений ОЧВП, также как и излияние вулканитов, происходило со смещением, спустя 10-12 млн лет (Тихомиров, 2020), после начала вулканизма на основной территории пояса;

- в пределах крупных Арманской и Туромчинской полихронных вулканотектонических структур ОЧВП предполагается возможность наложение раннего и позднего этапов гранитоидного магматизма.

Выявленные отличия могут быть связаны с одной стороны – удаленностью Конгинской РМЗ от палеозоны субдукции, с которой связано образование ОЧВП, с другой – контаминацией докембрийского сиалического материала фундамента ОМ в процессе образования гидротермальной минерализации в Конгинской РМЗ.

Подтверждением связи эпиптермального золото-серебряного (LS) оруденения с этапами магматической активности ОЧВП служат материалы изотопного датирования рудных и рудовмещающих образований. Анализ всей имеющейся геохронологической информации по меловому магматизму ОЧВП и сопутствующему оруденению (в том числе новейшие авторские результаты U-Pb по циркону и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования) сведены в итоговую таблицу Б.6 (приложение Б), наглядно демонстрирующую поведение рудно-магматических систем в эволюционной схеме ОЧВП.

В рамках каждой из анализируемых рудно-магматических систем отчетливо выделяются группы месторождений с древними (105-89 млн лет, альб-турон) и более молодыми (87-76 млн

лет, сантон-кампан) датировками; при этом выделяемые временные интервалы сопоставимы с ранним и поздним импульсами андезит-базальтового вулканизма ОЧВП.

На сегодняшний день изотопными методами наиболее охарактеризованы объекты, относящиеся к золото-серебряному эпитегрмальному (вулканогенному LS) типу. В пределах Эвенского рудного района (Пенжинский сегмент ОЧВП) совокупность имеющихся K-Ag, Ag-Ag и Rb-Sr датировок ограничивает возраст золото-серебряной минерализации интервалом 83-78 млн лет (кампан). Близкие значения возраста получены для рудопроявления Кегали (79.92 ± 0.2 млн лет), принадлежащего Пареньскому потенциальному рудному району (Пенжинский сегмент), и ряда объектов Охотского сегмента – Утесное (81 млн лет) и Карамкен (78.6 ± 0.2 и 78.9 ± 0.2 млн лет). Анализируемые материалы свидетельствуют о связи эпитегрмальных золото-серебряных месторождений Пенжинского и Охотского сегментов с «верхними базальтами» позднего этапа эволюции ОЧВП (Прийменко и др., 2021а; Прийменко, Глухов, 2022). При этом ряд месторождений Охотского (Ойра и Нявленга – 93 и 93.68 ± 0.2 млн лет) и Центрально-Чукотского (Купол 93 ± 1 млн лет) сегментов ОЧВП составляют группу древних датировок (94-92 млн лет), отвечающих раннему этапу вулканизма, связанному с излиянием «базальтов» и внедрением субвулканических тел андезит-дацит-риолитового состава.

Приведенные геохронологические материалы согласуются с современными представлениями о месте эпитегрмального золото-серебряного (LS) оруденения и продуцирующих его высокотемпературных геотермальных систем в эволюции активных континентальных окраин. Так, по оценкам различных авторов (Берман, 1970; Леонов, 1989; Ярмолук, Коваленко, 1991; Белоусов и др., 1998; Хаин и Ломизе, 2005; Кравцова и др., 2023; Sillitoe, 1972; Hedenquist et al., 1998; Guillou-Frottier et al., 2000; Sillitoe, Hedenquist, 2003; Mao Jingwen et al., 2021; и др.), постулируется следующее:

- формирование гидротермальных систем тесно связано с процессами вулканизма и кальдерообразования;
- гидротермальные системы являются продуктами эволюции верхнекоровых магматических очагов, возникших в результате термального воздействия глубинных магм; продолжительность развития гидротермально-магматической системы оценивается от 800 тыс до 2 млн лет;
- золотая и серебряная минерализация синхронна заключительному интрузивному риодацит-риолитовому магматизму и тесно связана с приповерхностной фильтрацией и смешением с метеорными водами;
- в качестве механизма, инициирующего вскипание рудоносных флюидов и осаждение рудных элементов, задействуется процесс внедрения базальтовых мантийных магм.

Применительно к ОЧВП внедрение базитовых магм и дальнейшая эволюция магматического очага в малоглубинных условиях привели к формированию субвулканических тел андезит - риолитового ряда и последующему развитию постацитовой вулканогенно-гидротермальной системы и связанной с ней золото-серебряной минерализацией. В частности, формирование золото-серебряных эпитермальных месторождений Эвенского рудного района происходило после завершения кислого вулканизма хайчанской толщи и внедрения субвулканических тел андезит-дацитов, риолитов и их эксплозивных брекчий; продолжительность становления гидротермально-магматической системы составило не более 2 млн лет – до излияния базальтов уйканской толщи, приуроченных к этапу локальных растяжений ОЧВП (Akinin et al., 2016). Тем самым, наличие двух этапов образования эпитермальных золото-серебряных месторождений в пределах ОЧВП предопределено двукратным проявлением базальтового вулканизма. В Охотском сегменте ОЧВП он проявлен нараулийской свитой (ранний этап магматической активности) и мыгдыкитской свитой (заключительный этап), аналогами в Пенжинском сегменте являются тайночинская и уйканская толщи соответственно.

Процесс эпитермального золото-серебряного рудообразования приурочен к внедрению субвулканических тел кислого (субщелочного) состава, инициируемого последующим излиянием щелочных базитовых магм, которое, в свою очередь, характеризует уже новый этап тектономагматической активности (см. Глава 3, рис. 4). Парагенетическая связь золото-серебряного оруденения и рудовмещающих субвулканических тел риолитов Эвенского рудного района подтверждается близкими и относительно низкими значениями отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в рудах ($0,7033\pm 3$), околорудных метасоматитах ($0.7033-0.7082$) и вмещающих риолитах ($0.7045-0.7048$) месторождения Дальнее (изохронный возраст 80 ± 0.5 млн лет); предполагается единый мантийный базитовый источник магматизма и рудоносного флюида (Кравцова и др., 2009; Кравцова и др., 2023). С геодинамических позиций базальтовый магматизм финальных стадий формирования ОЧВП может быть связан с рифтогенезом (Ярмолук, Коваленко, 1991), либо со сменой фронтальной субдукции на косую (Engebretson et al., 1985; Парфенов и др., 2003; Akinin et al., 2011, 2022). Последнее, по всей видимости, можно отнести и для других типов минерализации Охотско-Чаунской металлогенической провинции.

В границах ОМ к эпитермальному золото-серебряному типу относится одно из крупнейших на СВ месторождение Кубака, генетически связанное со среднепалеозойским окраинно-континентальным Кедонским вулканоплутоническим поясом (Егоров, Шерстобитов, 2000), либо с заключительным этапом магматизма, выделяемым как отдельный этап постсубдукционного рифтогенеза (Глухов и др., 2021в).

Особого внимания заслуживают золото-серебряные месторождения (IS и HS типа), для которых устанавливается связь с медно-порфировыми рудно-магматическими системами. В

представлениях зарубежных исследователей, подобные месторождения формировались в рамках единой медно-порфировой рудно-магматической системы (Hedenquist, Lowenstern, 1994; Sillitoe, 1993; White, Hedenquist, 1995; Richards, Kerrich, 1993; Corbett, Leach, 1998). В отечественной литературе медно-порфировые и золото-сульфидные месторождения рассматриваются как: - «базовые» для «рядовых» золото-серебряных (Сидоров, 1998); - единый рудно-формационный ряд, по аналогии с моделью зарубежных коллег, но с более расширенным перечнем разнообразия золото-серебряных-эпитермальных месторождений (Горячев и др., 2010).

Нередки разногласия в оценке связи золото-серебряного и золото-редкометалльного оруденения. Так для детально описанного месторождения Карамкен (Охотский сегмент), традиционно рассматриваемого как оруденение золото-серебряного типа (Осипов, 1975; Сидоров, 1978; Умитбаев, 1986; Шило и др., 1988), наличие оловянной минерализации предполагает связь с олово-порфировой формацией; при этом оловянное и золото-теллур-висмутовое оруденение предшествует эпитермальному золото-серебряному (Савва и др., 2009; Сидоров и др., 2015; Волков и др., 2015; Савва, 2018). Иной точки зрения придерживаются исследователи, которые относят подобные объекты к самостоятельному генетическому подтипу эпитермальных золото-серебряных месторождений (Некрасов, 1990; Котляр и др., 2001; Стружков, Константинов, 2005), либо рассматривают вариант наложения эпитермального золото-серебряного и плутоногенного золото-редкометалльного оруденения, связанных как с аккреционными событиями, так и распространенных в тыловых зонах надсубдукционных вулканических поясов (Sillitoe, 1972; Горячев, 1998; Гамянин и др., 2003).

В работе автором задействованы модели R.H. Sillitoe, J.W. Hedenquist (2003) и C.J.R. Hart (2007), согласно которым золото-серебряное IS и HS типов и медно-молибден-порфировое оруденение рассматриваются в рамках единой медно-порфировой РМС. Одним из критериев объединения данных оруденений является близкий (в пределах аналитической ошибки изотопных методов датирования) возраст разнотипного рудообразования (Cathles et al., 1997; Cathles and Shannon, 2007; и др.). Наиболее полный обзор геохронологических данных о продолжительности «жизни» медно-порфировой рудно-магматической системы представлен в работе R.H. Sillitoe (2010, стр. 12).

Эвенский рудный район является ярким представителем, сочетающим в своем составе разнотипное оруденение, связанное с различными РМС. Это золото-серебряные эпитермальные Ирбычан, Сопка Кварцевая, Ороч, Дальнее, золото-серебряное алунит-кварцевое (HS) Туромча, золото-редкометалльные Перекатное, Инач и Аханджа, а так же месторождение Невенрекан, рассматриваемое автором как полигенное с наложенной золото-редкометалльной и эпитермальной золото-серебряной минерализацией (см. Глава 6).

На сегодняшний день месторождения Эвенского рудного района являются наиболее охарактеризованными современными методами изотопного датирования. Автором получены первые данные о возрасте руд золото-редкометалльного месторождения Перекатное – 89 ± 2 млн лет (турон-коньяк), $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование мусковита из сульфидно-кварцевых жил (СКВО = 1.04, $P = 0.38$, выход $^{39}\text{Ar}=78.2\%$), и золото-серебряных руд полигенного месторождения Невенрекан – 79.4 ± 1 млн лет (кампан), $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование адуляра из адуляр-кварцевых жил (СКВО = 0.84, $P = 0.52$, выход $^{39}\text{Ar} = 85\%$).

Приведенные результаты в совокупности с авторскими материалами определения возраста интрузивных и рудных образований позволяют существенно расширить временной интервал формирования промышленно значимого оруденения золота и серебра в Эвенском рудном районе – от раннего этапа (89 ± 2 млн лет, турон), связанного с золото-редкометалльной минерализацией, до позднего (83-78 млн лет, кампан) с золото-серебряным эпитегрмальным оруденением.

Сопоставление геологических, геохронологических и минералогических данных позволило сформулировать 2-е защищаемое положение:

2. Время формирования разнотипного оруденения в пределах крупных рудно-магматических систем Эвенского района определено в интервале 91-78 млн лет на основании ^{40}Ar - ^{39}Ar метода датирования мусковита из руд золото-редкометалльного месторождения Перекатное и адуляра из сульфидно-адуляр-кварцевых жил месторождения Невенрекан.

Приведенные материалы позволяют выделить в пределах Эвенского рудного района два этапа рудообразования – ранний (плутоногенный) золото-редкометалльный, генетически связанный с гранитоидным магматизмом (гармандинский комплекс) раннего этапа развития ОЧВП (101-85 млн лет), и поздний (вулканогенный) золото-серебряный эпитегрмальным, приближенный по времени к проявлению кальдерного кислого вулканизма, непосредственно перед излиянием «верхних» платобазальтов заключительной стадии позднего этапа магматической активности ОЧВП (85-74 млн лет).

К раннему этапу рудообразования (табл. Б.6, приложение Б) относится постороженное месторождение Перекатное; полученные изотопные датировки, характеризующие возраст оруденения, соотносятся с данными Ar-Ar возраста мусковита из золото-редкометалльных и редкометалльных месторождений пояса Гинтина на Аляске (Hart, 2004). Данное позволяет предполагать общность событий на рубеже около 90 млн лет (турон-коньяк) в пределах северной Циркум-Пацифики.

В целом, для структур, ориентированных ортогонально простиранию ОЧВП – Конгинской, Коркодон-Наяханской и Омсукчанской РМЗ, устанавливается латеральная зональность

мелового рудогенеза, наблюдаемая в последовательном снижении объема редкометалльного и золото-редкометалльного оруденения и смене металлогенической специализации рудно-магматических зон – от Омсукчанской (Sn-Ag-Pb-Zn) на западе, через Коркодон-Наяханскую (Au-Mo-Sn) к Конгинской (Au-Mo-Pb) на востоке. С геодинамических позиций это может отражать постепенное уменьшение мощности осадочного чехла в направлении от Омсукчанского (Балыгычано-Сугойского) прогиба к центральной части ОМ – Юкагирской глыбе, где фундамент приближен к эрозионной поверхности (Гагиева, Жуланова, 2011). Отражением поперечной зональности может выступать постепенное уменьшение ширины Конгинской, Коркодон-Наяханской и Омсукчанской РМЗ, снижение интенсивности геологических процессов, в том числе рудообразующих, в направлении от ОЧВП на север к ОМ (см. Глава 3, рис. 5). Отмеченные закономерности, согласно В.М. Кузнецову (2005), свидетельствует о генетической и пространственной связи поперечных РМЗ с меловым ОЧВП.

Совокупность материалов изотопного датирования, характеризующих возраст медно-порфировой и золото-редкометалльной минерализации ОЧВП и ОМ, обнаруживает две группы датировок – 105-87 и 87-76 млн лет, временные рамки которых соответствуют раннему и позднему этапам магматической активности ОЧВП (табл. Б.6, приложение Б). Интрузивные тела и парагенетически связанные с ними рудные объекты, по материалам датирования отвечающие раннему этапу магматизма, сосредоточены преимущественно в краевой – внутренней зоне ОЧВП (Пенжинский, Охотский сегменты), наложенной на Удско-Мургальский пояс, позднего этапа – в линейных зонах, протягивающихся вглубь континента к ОМ (Омсукчанской, Коркодон-Наяханской и Конгинской РМЗ). При этом отмечается дефицит данных изотопного датирования рудных объектов, связанных с ранним этапом развития ОЧВП.

В случае принятия последнего возникает вероятность существования в границах ОЧВП (на рубеже 107-77 млн лет) двух отдельных короткоживущих поясов; их геологическим отражением могут выступать два этапа гомодромного развития магматизма (разделенные осадочно-терригенными образованиями с конгломератами), с каждым из которых связано формирование золотого и серебряного оруденения.

Актуальным остается вопрос о генезисе наиболее ранних меловых магматических комплексов, расположенных на п-вах Тайгонос, Кони и Пьягина (у южной фронтальной или внутренней границы ОЧВП, обращенной к океану), чьи датировки совпадают с возрастом нижней границы ОЧВП (Тихомиров, 2020) – являются ли они фрагментами ископаемой островной вулканической дуги, либо входят в состав единого сложно устроенного Охотского тектоно-магматического пояса (по Устиев, 1959, 1963), либо принадлежат одному из поясов Охотско-Чукотскому и Удско-Мургальскому, существование которых отражает миграцию магматических очагов активной окраины СВ.

Обращает на себя внимание двухэтапность золотого и серебряного оруденения Охотско-Чаунской металлогенической провинции. Охотско-Чукотский вулканоплутонический пояс при этом имеет, как упоминалось в главе 4, соответствующие два этапа гомодромного развития магматизма (маркируемые между собой осадочными породами и конгломератами).

ГЛАВА 6. ЗОЛОТЫЕ И СЕРЕБРЯНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОМОЛОНСКОГО МАССИВА И ЕГО ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ С НАЛОЖЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ⁴

Явления полихронности и полигенности рудных месторождений, а также их влияние на масштаб и богатство оруденения широко освещены в зарубежных и отечественных печатных изданиях (Рундквист, 1997; Sillitoe, Thompson, 1998; Гамянин, 2001; Горячев и др., 2017; и др.). Исторический обзор представлений, посвященный данной проблеме, наиболее полно представлен в монографии Г.Н. Гамянина (2001); в ней же рассматривается пример взаимоотношений золото-серебряной и золото-редкометалльной формаций.

В диссертации термин "наложенная минерализация" используется для характеристики оруденения, связанного с несколькими источниками вещества и энергии. К таковым относятся месторождения, образованные в результате проявления нескольких этапов рудообразования, каждый из которых идентифицируются как по взаимоотношению рудных минеральных ассоциаций, так и по разной геохимической специализации руд. При этом возраст минерализации разных этапов может существенно различаться, быть неразличимым (в зависимости от разрешающей способности методов изотопной геохронологии), а в ряде случаев – быть преобразованным под влиянием более поздних (наложенных) рудно-магматических, контактово-метасоматических и пр. процессов. Исходя из данного положения, суперпозиция минерализации одного и того же генетического типа, но связанной с разными этапами генерации и источниками энергии – есть проявление наложенного оруденения.

Для Охотско-Чаунской металлогенической провинции близкое размещение в пространстве золото-серебряного оруденения с другими типами (медно-порфировым, золото-редкометалльным) – явление не редкое; их взаимоотношения рассмотрены в Главе 5.5. Проти-

⁴ При подготовке данного раздела диссертации автором использованы следующие публикации, выполненные им лично или в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования:

1. Прийменко В.В., Глухов А.Н., Фомина М.И., Михалицына Т.И. Интрузивный этап развития вулканоструктуры и Au-Ag оруденения на примере месторождения Невенреккан (Магаданская область, Россия) // Вулканология и сейсмология. 2020. № 5. С. 13–25. RSCI. (1.75 п.л., авторский вклад – 70%). Импакт-фактор РИНЦ: 1,215.

2. Прийменко В.В., Глухов А.Н., Акинин В.В., Фомина М.И., Михалицына Т.И., Пономарчук А.В., Ползуненков Г.О. Золото-серебряное вулканогенно-плутоногенное месторождение Невенреккан (Магаданская область, Россия): вмещающие породы, окологорудные метасоматиты, возраст и вещественный состав руд // Вулканология и сейсмология. 2022. № 1. С. 54–72. (2.56 п.л., авторский вклад – 60%). DOI: 10.31857/S0203030622010059. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 1.246.

3. Глухов А.Н., Прийменко В.В., Самсонов А.А. Возраст и тектоническая позиция эпипермального золотого оруденения Омолонского массива (Северо-Восток Азии) // Вестник Московского университета. Серия Геология. 2021. № 6. С. 61–69 (0.97 п.л., авторский вклад – 30%). DOI: 10.33623/0579-9406-2021-6-61-69 Импакт-фактор РИНЦ 2023: 0,298.

воречивые толкования возникают в тех случаях, когда в пределах единых рудных узлов, полей и месторождений присутствуют несколько типов минерализации, связанных с различными рудно-магматическими системами (наложенными друг на друга). В пределах ОЧВП к месторождениям с наложенной минерализацией (полигенного типа) относятся – Карамкен, Нявленга (Охотский сегмент); для Омсукчанской РМЗ (Балыгычано-Сугойский прогиб) – Дукат, Лунное, Теплое, Роговик, Приморское (Волков и др., 1991; Розинов, Колесников, 2002; Розинов и др., 2004; Петров и др., 2006; Стружков, Константинов, 2005; Кравцова, 2010; Кравцова и др., 2015; Савва, 2018; Савва и др., 2019; Соловов и др., 2023). Среди зарубежных месторождений схожими характеристиками обладает «гибридное» Au-Ag-Sn-W месторождение Чиротан (западная Индонезия, Milési et al., 1994). Данные рудные объекты обладают рядом особенностей, которые могут рассматриваться как критерии для обоснования наложенной минерализации; к таковым относятся следующие:

- расположены на сочленении крупных тектоно-магматических (и/или металлогенических) зон, характеризующихся различной минералогической специализацией;
- магмо- и рудоконтролирующая роль глубинных разломов и оперяющих разрывов; в ряде случаев глубинный разлом разграничивает тектоно-магматические зоны;
- зоны растяжения вдоль разломов служат проводником для транспортировки глубинных флюидов и вещества мантии;
- рудообразующие процессы происходят на различных глубинах;
- гранитоидные рудно-магматические системы являются генераторами высокотемпературных магматических флюидов, осуществляющими привнос Bi, Te, Sn и прогрев вмещающих пород;
- наложение вулканогенного и плутоногенного этапов рудообразования, различающихся генетически;
- закономерное распределение разнотипной рудной минерализации в пространстве;
- нарушенная зональность в границах рудного поля;
- сложное геологическое строение и «богатый» минералогический состав рудного объекта (сочетание классических минеральных ассоциаций, характерных для месторождений LS типа, с «нетипичными»);
- изменение состава и морфологии золота (присутствует в нескольких генерациях), вариации его пробности;
- преобладание комбинированных текстур руд (сочетание колломорфно-полосчатых с брекчиевыми, каркасно-пластинчатыми, кокардовыми, слоистыми, редко массивными);
- структуры руд, отражающие процессы коррозии и выщелачивания, замещения, взаимодействия и регенерации;

- присутствие рудных элементов, как в собственной минеральной форме, так и в виде элементов-примесей, выбивающихся из зональности аномальных рудных полей гидротермальных месторождений;
- длительный период формирования месторождения; перерыв между этапами оруденения составляет около 10 млн лет (разделены периодом внедрения малых интрузивных тел);
- генетическая принадлежность месторождения устанавливается по доминирующему рудообразующему процессу.

6.1. Золото-серебряное месторождение Невенрекан как объект с наложенной минерализацией

Анализ имеющейся на сегодня информации по рудным объектам с наложенной минерализацией позволяет выделить месторождение Невенрекан как «нетипичное» золото-серебряное оруденение Эвенского рудного района, требующего дополнительных исследований.

Геологические материалы по данному месторождению большей частью содержатся в производственных отчетах геолого-съёмочных и поисковых работ, выполненных А.Г. Чернявским (1976 г.), К.С. Кумачевым (1978 г.), Н.Г. Шаповаловым (1982 г.) и др. Согласно описаниям, приведенным в производственных отчетах, месторождение относится к золото-серебряной формации, а его формирование, предположительно, связано с Невенреканским поздне меловым гранитоидным магматизмом. В рудных парагенезисах контактовой зоны отмечается присутствие родонита. В дальнейшем подобные взаимоотношения интрузивных тел и метаморфизованных руд с родонитом отмечались для эпитермальных золото-серебряных месторождений Дукат, Лунное, Приморское (Омсукчанская РМЗ); здесь, по материалам Н.Е. Саввы с соавторами, возникновение в рудных телах ассоциаций с родонитом связано с наложением высокотемпературного метаморфизма на ранние эпитермальные жилы (Савва, 2018; Савва и др., 2019).

В ранних печатных изданиях Невенрекан фигурирует как безымянное – "одно из близповерхностных золото-серебряных месторождений", расположенных в пределах Туромчинской вулкано-тектонической структуры (Костырко, Романенко, 1978). Акцентируется внимание на специфическом минеральном составе руд месторождения – присутствии самородного висмута, минералов – производных бинарных Pb-Sb и Sn-Sb и тройных систем Pb-Sn-Sb, и ряда недиагностируемых минералов, что, по мнению авторов, указывает на «своеобразные физико-химические условия формирования руд». В монографии С.Ф. Стружкова и М.М. Константинова (2005) месторождение Невенрекан отнесено к особому золото-серебряному типу с двумя

продуктивными ассоциациями – золото-акантит-канфилдитовой и пираргирит (миаргирит)-полибазит (прустит)-акантитовой.

Специализированные исследования минерального состава руд Невенреканского месторождения, выполненные Е.И. Подолян и А.П. Бороздиным (2017) методами электронной микроскопии с рентгеноспектральным микроанализом, позволили выявить четыре поочередно сменяющиеся парагенетические минеральные ассоциации – оловорудного парагенезиса, благороднометалльно-полиметаллического, серебряно-оловянно-мышьяковистого и благороднометалльно-сурьмяного. Для раннего оловорудного парагенезиса установлены пойкилитовые включения касситерита в халькопирите, в поздних – минералы ранее неопisanного состава (фазы $Ag_7Sn(S,Se)_6$ и $Ag_{10}SbS_5$) (рис. 54).

Неоднозначность суждений о природе и составе руд месторождения Невенрекан предопределило проведение детального изучения вещественного состава рудных тел, вмещающих и околорудно-измененных пород. Полученные данные, в совокупности с материалами изотопного датирования, выполненного впервые для рудоносных жил и магматических образований месторождения Невенрекан, позволили выделить два гипогенных этапа рудообразования и сделать вывод о наложенной минерализации (Приймак и др., 2020б; Приймак и др., 2022а).

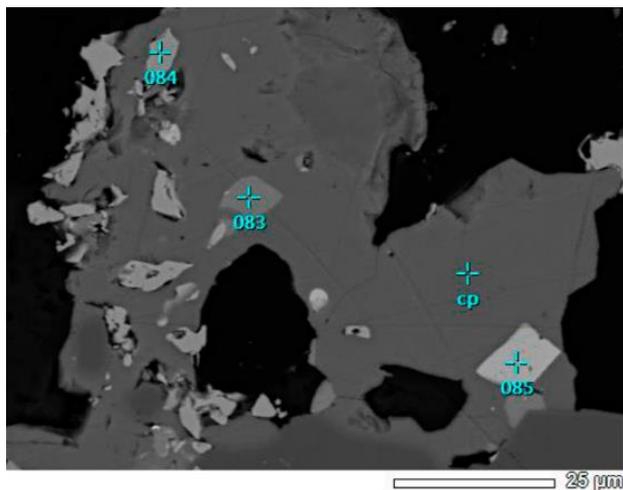


Рис. 54. Пойклитовые включения раннего касситерита в сульфидах месторождения Невенрекан, по (Подолян, Бороздин, 2017, Podolian et al., 2019).

Номерами и крестиками показаны точки микрозондового анализа минералов: 083 – кёстерит, 084 – касситерит, 085 – фаза- $Ag_3SnSe_2S_4$, ср – халькопирит

Месторождение Невенрекан расположено в северо-западной части Эвенского рудного района, в пределах Туромчинской вулкано-тектонической депрессии (Умитбаев, 1986), в зоне сочленения долгоживущих Вархаламского и Доктомычанского глубинных разломов северо-западного и северо-восточного простирания (см. рис. 30). Глубинные разломы ограничивают Невенреканскую вулканоструктуру, в границах которой располагаются рудные зоны месторождений Невенрекан и Перекатное. В материалах производственных отчетов вулканоструктура характеризуется как кальдера обрушения с центриклинальным залеганием слоев покровных эффузивов и жерловыми образованиями в центральной части кальдеры. В северной части вулканоструктуры выделена многофазная интрузия габбро-гранодиоритового состава, маркируе-

мая полукольцевыми разломами; предполагается, что ее формирование связано со становлением Невенреканского интрузивно-купольного поднятия, расположенного на северо-западном фланге рудного поля (Шаповалов и др., 1982 г.). При детальном исследовании на площади месторождения было установлено, что ранее выделяемое интрузивно-купольное поднятие не имеет выражения ни в современном рельефе, ни в залегании вмещающих вулканогенных образований. Сопоставление разрезов колонкового бурения и космоснимков высокого разрешения, напротив, показало, что в северо-западной части рудного поля полукольцевые разломы оконтуривают локальную отрицательную вулканоструктуру центрального типа (Умитбаев, 1986; Cole et al., 2005), так называемую Невенреканскую просадку (см. рис. 30, 31). Слагающие ее стратифицированные образования представлены андезитами нижнемеловой тайночинской свиты и туфами и игнимбритами дацитов и риолитов нижне-верхнемеловой вархаламской толщи (рис. 55а,б, 56). Вулканогенные толщи прорваны многочисленными интрузивными и субвулканическими телами от основного до кислого состава; их взаимоотношения и принадлежность к тому или иному комплексу – предмет дискуссии.

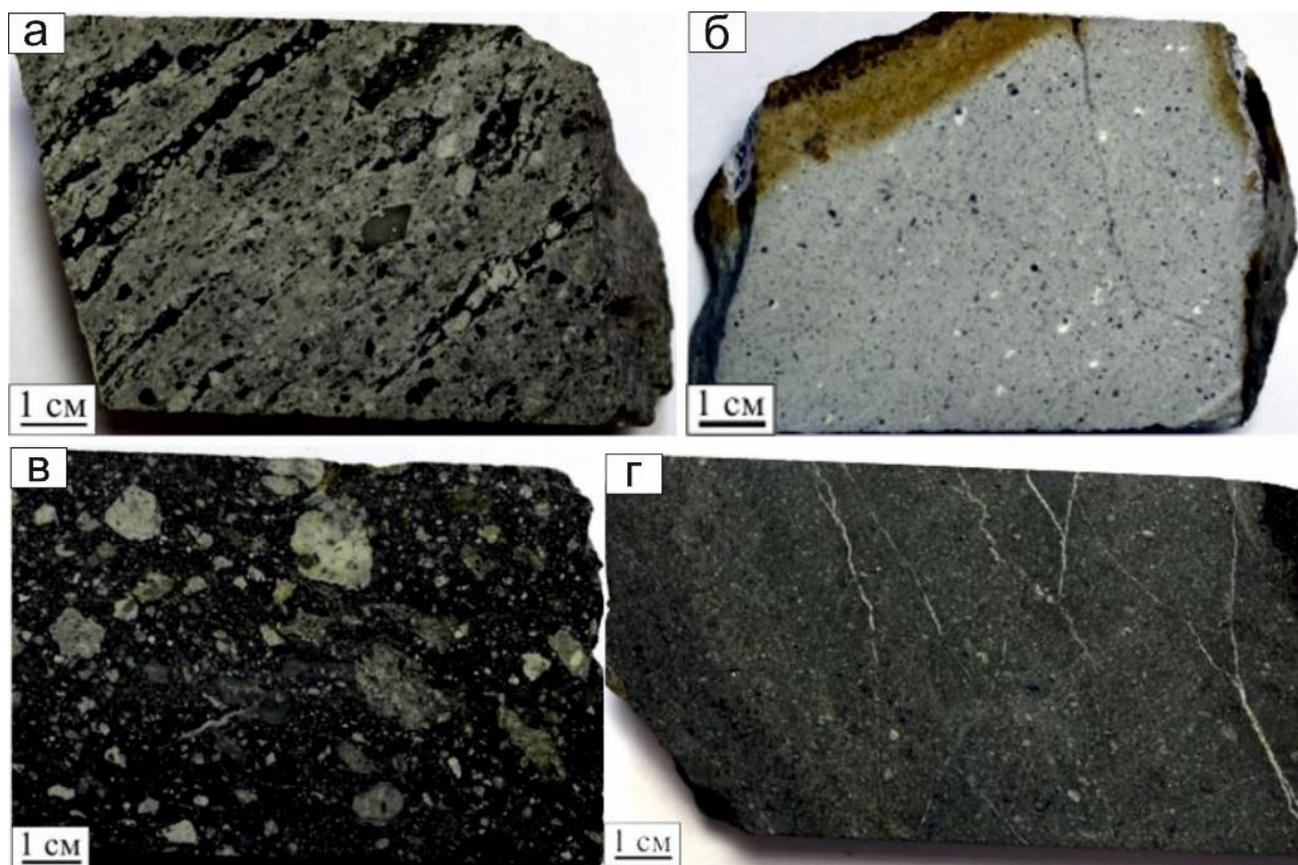


Рис. 55. Позднемеловые рудовмещающие образования месторождения Невенрекан. Образцы из керна скважин: игнимбриты риолитов (а) и риолиты (б) вархаламской толщи; эксплозивные жерловые брекчии дацитов (в); субвулканические андезиты уйканского(?) комплекса (г).

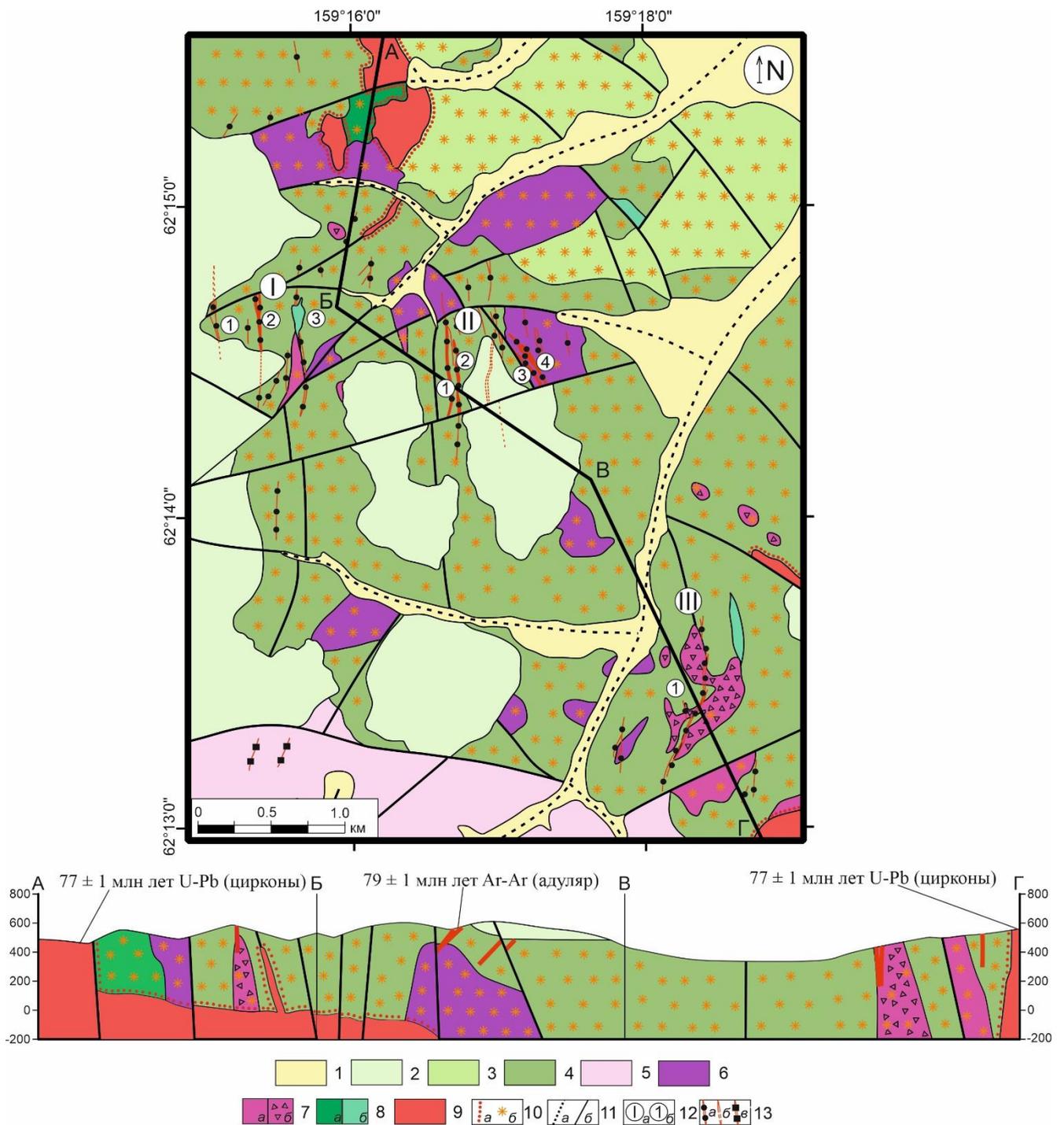


Рис. 56. Геологическая карта и разрез по линии АБ-БВ-ВГ Невенреканского рудного поля, по материалам (Чернявский 1976 г; Кумачев, 1979 г.; Шаповалов 1982 г.) с изменениями.

1 – четвертичные отложения; 2 – позднемиоценовые платобазальты уйканской и/или эоценовые кытыймской(?) свиты; 3,4 – позднемиоценовые стратифицированные вулканиты: 3 – андезиты туромчинской толщи, 4 – игнимбриты и туфы риодацитов вархаламской толщи; 5 – юрские терригенные отложения Гижигинской зоны ОМ (верхояно-чукотского комплекса мезозойд); 6,7 – позднемиоценовые субвулканические образования уйканского(?) комплекса: 6 – андезиты, 7 – дациты (а) и жерловые брекчии (б); 8 – малые интрузии габбро гармандинского (а) комплекса, дайки базальтов кытыймского и/или уйканского (б) комплекса; 9 – интрузии гранитоидов гармандинского комплекса; 10 – зоны окварцевания (а), серицит-кварцевых изменений (б); 11 – основные разломы установленные (а) и рудных тел внутри них (б); 12 – цифрами в кружках обозначены номера выделяемые жильные зоны (а) и рудные тела (б) месторождения Невенрекан (цифры в кружочках); 13 – оруденение: золото-серебряное – жильные зоны и рудные тела (а), перекрытые толщей платобазальтов (б), золото-редкометалльное – развалы кварца с незначительными содержаниями Au и Ag во «флюорит-кварцевых жилах» (в).

Изучение вулканогенного разреза в границах Невенреканской структуры показало, что субвулканические андезиты и дациты являются предрудными и наиболее приближенны по времени к процессу рудогенеза. Эксплозивные брекчии дацитовых лав слагают жерловые части Невенреканской вулканоструктуры (рис. 55в,г). Интрузивные тела габбро, диоритов и гранодиоритов, распространенные на площади рудного поля, внедрялись после образования оруденения; при этом дайковые тела гранодиоритов секут и метаморфизируют габброидные тела. Значительная часть рудного поля перекрыта пострудными покровами андезибазальтов (платобазальтов), общей мощностью до 200 м, а их дайковые тела развиваются по зонам адуляр-кварцевых жилы.

Юго-восточная часть Невенреканской вулканогенной просадки осложнена Перекатненским интрузивно-купольным поднятием, хорошо выраженном в современном рельефе (см. рис. 31). В апикальной части поднятия обнажается многофазная интрузия габбро – габбродиоритов.

По материалам геохимических исследований и результатам изотопного датирования данные интрузивные образования предположительно отнесены к позднемеловому ахавеемскому комплексу (здесь и далее согласно ЛГС-200, 1999 г.). Формирование штокверкового золото-редкометалльного месторождения Перекатное парагенетически связано с более древней невоскрытой интрузией гранодиоритов, ориентировочно ранне-позднемелового гармандинского комплекса (описание месторождения см. Глава 5.2.).

Приведенные наблюдения в совокупности с результатами изотопного датирования (см. рис. 12в,г, 14; табл. Б2-Б4, приложение Б) позволяют реконструировать последовательность этапов магматизма и связанного с ним оруденения на площади рудного поля Невенрекан (рис. 56, 57). К наиболее ранним образованиям здесь относятся кислые лавы и туфы нижневерхнемеловой вархаламской толщи. Субвулканические тела и брекчиевые лавы среднего состава, составляющие центральные части вулканоструктуры, соотносятся с позднемеловым уйканским(?) комплексом. С данным этапом магматизма связано формирование золото-серебряных адуляр-карбонат-кварцевых жил (79 ± 1 млн лет, Ar-Ar), которые пересекают субвулканические тела андезитов-дацитов. К следующему этапу магматической активности относится внедрение интрузивных тел среднего - кислого состава (позднемеловой ахавеемский(?) комплекс – 77 ± 1 млн лет), выходы которых сосредоточены в краевых частях вулканоструктуры – тела габброидов и более поздних гранодиоритов. Завершающий этап ознаменован излиянием покровных базальтовых лав, бронирующих вершины водоразделов, и формированием субвулканических тел андезибазальтов раннеэоценового(?) кытыймского комплекса (50 ± 3 млн лет, Ar-Ar, Акинин и др., 2022), секущих золото-серебряные жилы. Выходы гранитоидных интрузий ранне-позднемелового гармандинского комплекса достоверно установлены за пределами Невенрекан-Перекатненского рудного узла (Политов, 1981 г.); косвенным доказательством про-

явлений данного этапа магматизма могут служить результаты изотопного датирования золото-редкометалльных рудных тел месторождения Перекатное (89 ± 2 млн лет, Ar-Ar), генетически связанных с ранним этапом гранитоидного магматизма.

Месторождение Невенреккан представлено крутопадающими ($55-90^\circ$) прожилково-жильными зонами адуляр-карбонат-кварцевого состава, мощностью до 12 м и протяженностью 300 - 500 м. Выделено три основные жильные зоны (см. рис. 31; 58), простирающиеся в север - северо-западном направлении до 1000 м, которые в свою очередь разделяются на подзоны (рис. 56). Вертикальный размах оруденения достигает 200 м.

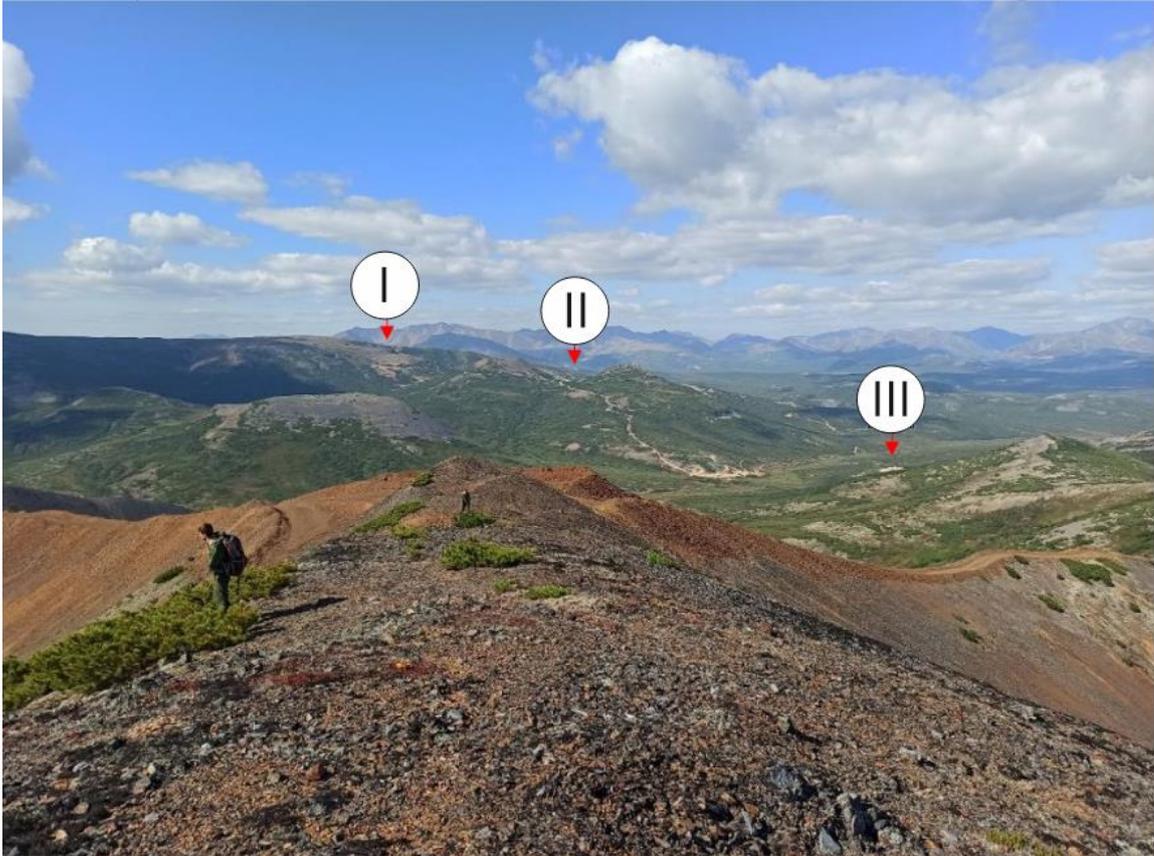


Рис. 57. Вид с месторождения Перекатное на обновлённые и новые горные выработки на участках жильных зон месторождения Невенреккан (операции 2013-2019 гг.).

Цифры в кружочках – номера жильных зон месторождения Невенреккан. Направление фотосъёмки на СЗ (см. рис. 31).

Описание рудовмещающих пород и вещественного состава руд месторождения Невенреккан осуществлено по материалам петрографического, минералогического и геохимического изучения, выполненного совместно со специалистами лаборатории петрологии, изотопной геохронологии и рудогенеза СВКНИИ – Т.И. Михалицыной, М.И. Фоминой, А.Н. Глуховым (Приймак и др., 2020б, 2022а).

На площади месторождения породы (за исключением палеогеновых покровных андезит-базальтов) затронуты интенсивными гидротермальными изменениями. Наиболее распространены пропилиты, которые вверх по разрезу сменяются аргиллизитами (рис. 58а). Минеральные парагенезисы пропилитов соответствуют хлорит-кальцитовой и хлорит-эпидотовой фациям

(рис. 58в,г,е). По ним развиваются продукты последующих процессов кислотного выщелачивания и позднещелочного метасоматоза. Образуются предрудные кварц-гидрослюдистые метасоматиты, сопровождающие околорудное окварцевание, карбонатизацию и адуляризацию (рис. 58б,д). Околорудные изменения представлены преимущественно окварцеванием и аргиллизацией кварц-гидрослюдистого состава (рис. 58д).

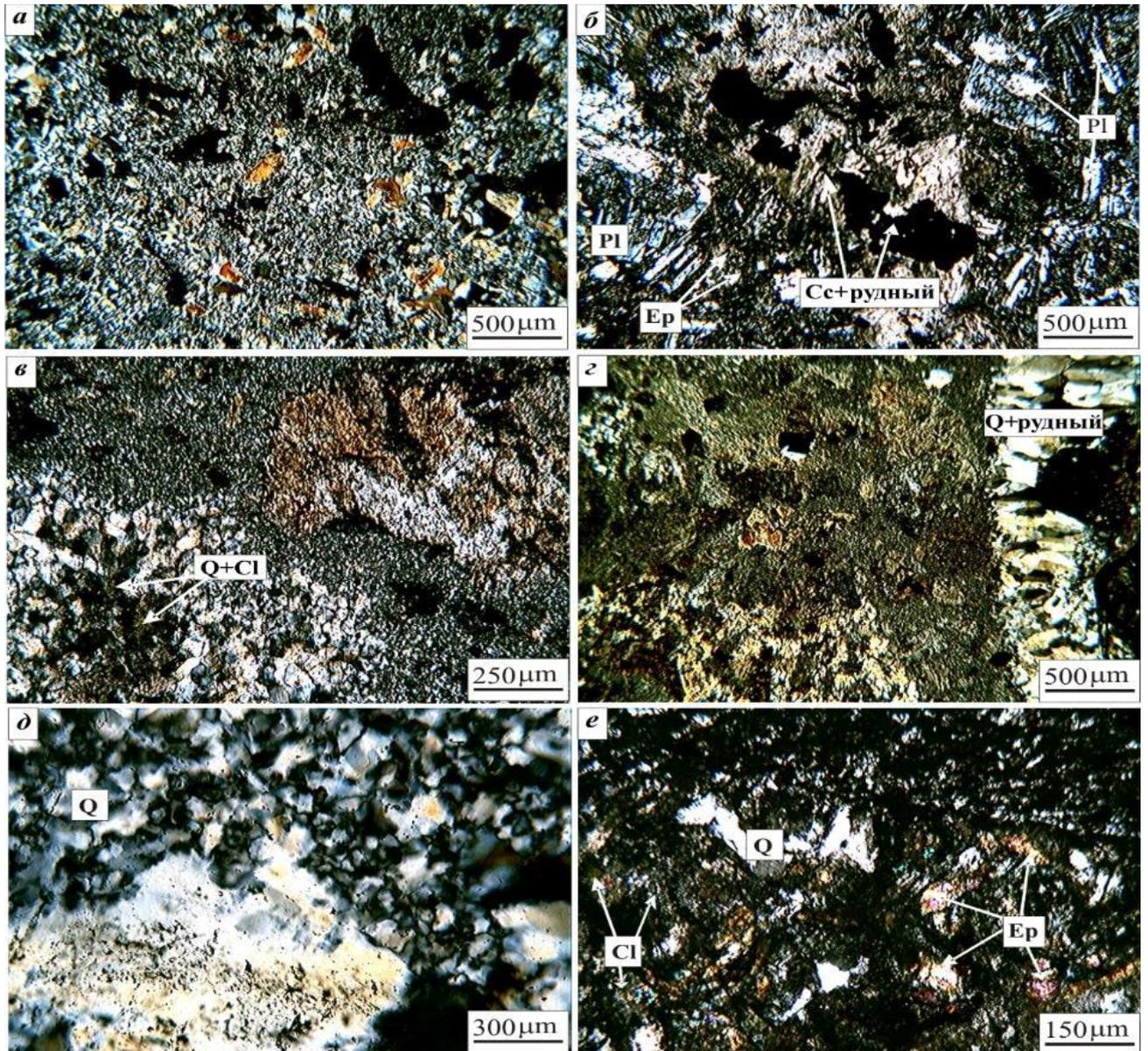


Рис. 58. Микрофотографии (в проходящем свете с анализатором) вмещающих оруденение пород рудного поля месторождения Невенрекан (Приيمنко и др., 2022а).

а – кварц-каолиновый аргиллизит по риолиту; *б* – прожилковая форма выделения карбоната с включением рудной минерализации; *в* – гнезда гранобластового кварца с выделениями хлорита в околорудном метасоматите; *г* – прожилковая форма выделения кварца с сульфидной минерализацией в околорудном метасоматите; *д* – жильный кварц; *е* – развитие мелкозернистого эпидота и кварца по хлоритизированному андезиту. Сокращения: *Q* – кварц, *Ss* – кальцит, *Cl* – хлорит, *Pl* – плагиоклаз, *Ep* – эпидот.

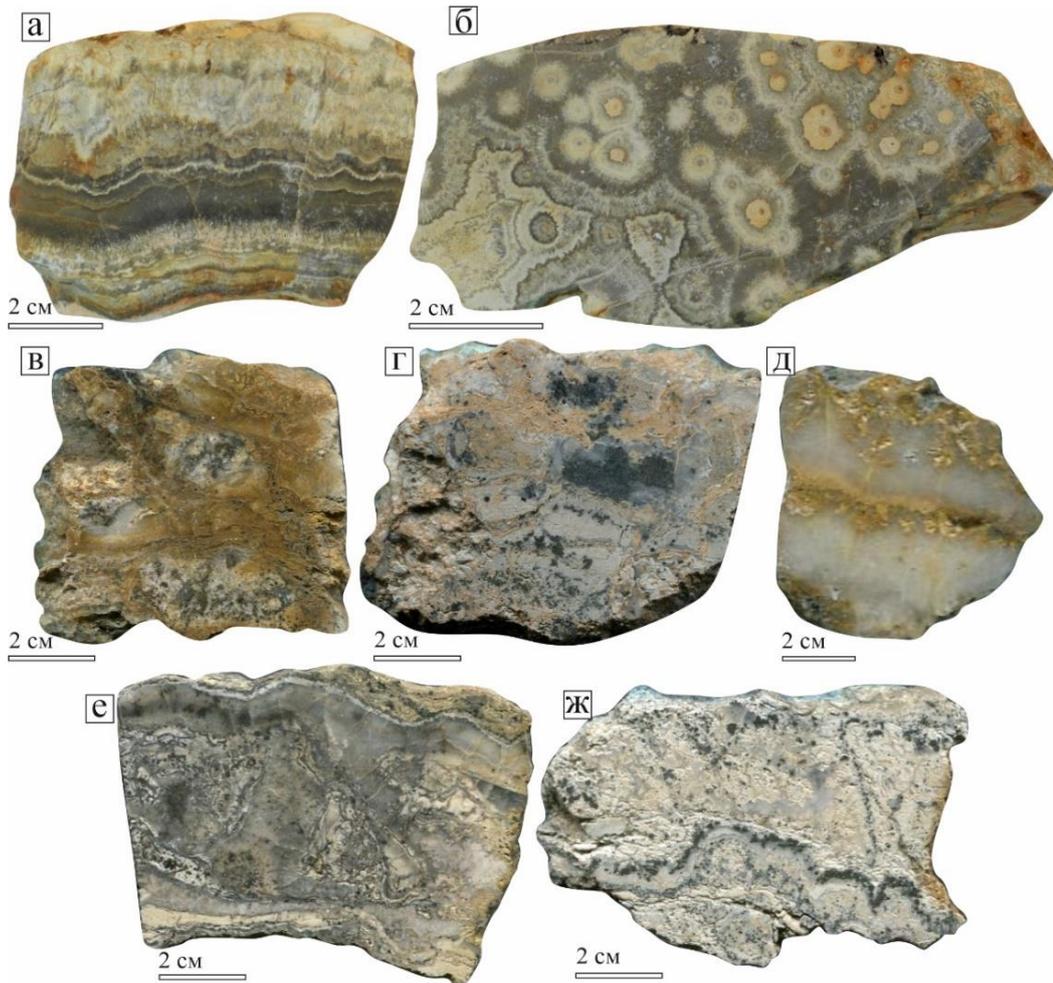


Рис. 59. Текстуры руд месторождения Невнерекан (Прийменко и др., 2022а).

а – колломорфно-полосчатая; *б* – сложносочетающаяся оолитовая, кокардовая и колломорфно-полосчатая; *в* – кокардовая; *г* – пятнистая в сочетании с полосчатой; *д* – массивная (жильная с включением ярозита); *е* – сочетание колломорфно-полосчатой и брекчиевой; *ж* – колломорфно-полосчатая, подчеркиваемая темными рудными минералами.

Руды характеризуются широким разнообразием текстур (рис. 59); преобладают колломорфно-полосчатые – характерные для эпитермального Au-Ag оруденения, массивные, брекчиевые, брекчиевидные и сложносочетающиеся текстуры, типичные для эпитермальных и мезотермальных Au-Ag месторождений. Колломорфно-полосчатые, массивные и брекчиевые текстуры отражают стадийность и беспокойный режим рудообразования (рис. 59а,д,ж). Вкрапленные и гнездово-вкрапленные текстуры замещения, связанные с метасоматическим замещением пород и руд, проявлены слабо; представлены тонкой рудной вкрапленностью, приуроченной к прослоям халцедона. Текстуры отложения характеризуют различные условия формирования минеральных агрегатов, как из истинных, так и коллоидных растворов. К таковым текстурам относятся массивная, представленная сливным массивным кварцем (рис. 59д), и брекчиевая или брекчиевидная, отличающиеся разнообразием обломков и цементирующей массой (рис. 59г).

Отмечается широкое развитие комбинированных текстур – сложное сочетание колломорфно-полосчатых, брекчиевых и брекчиевидных разностей (рис. 59е,ж), отражающих среду рудообразования и присутствие наложенной минерализации различного генезиса. Среди струк-

турных разностей к часто встречаемым относятся гнездово-вкрапленная, неравномернозернистая, тонкозернистая и структура замещения (коррозионная), которые служат дополнительным свидетельством кристаллизации руд из истинных и коллоидных растворов и их последующего преобразования за счет более поздних (наложенных) процессов.

Рудные тела месторождения представлены жилами и жильно-прожилковыми зонами кварцевого, карбонат-кварцевого, сульфидно-карбонат-кварцевого, адуляр-кварцевого, карбонат-адуляр-кварцевого состава. В рудах установлено более 55 минеральных видов, встречающихся в разной степени распространенности (табл. 10). Химический состав сульфидов, сложных сульфидов и сульфосолей приведен в таблицах В.8, В.9 (приложение В).

Таблица 10. Минералы руд месторождения Невенрекан (Прийменко и др., 2022а).

Группы минералов	Главные	Второстепенные	Редко встречающиеся
Жильно-метасоматические	Кварц	Адуляр Кальцит Родохрозит* Сидерит Хлорит Магнетит Гидролюда Серицит (мусковит) Глинистые минералы (каолинит)	Халцедон Эпидот Рутил Гематит Ярозит Гипс Анкерит
Рудные	Пирит Фрейбергит	Аргентотеннантит Аргентотетраэдрит Теннантит Тетраэдрит Сфалерит Халькопирит Акантит Самородное золото	Галенит Аргентогаленит Арсенопирит Пирротин Марказит Борнит Канфилдит Селеноканфилдит Станнин Агвиларит Матильдит Полибазит Пираргирит Ютенбогаардит Касситерит* Кёстерит Фаза $Ag_7Sn(S,Se)_6^*$ Фаза $Ag_{10}SbS_5^*$ Самородный свинец Самородное серебро Барит Науманит Кюстелит
Гипергенные	Лимонит	Оксиды и гидроксиды Fe Оксиды и гидроксиды Mn	Оксиды и гидроксиды Cu Ковеллин

Примечание: * – данные по (Подолян, Бороздин, 2017).

Жильно-метасоматические минералы.

Кварц – присутствует в четырех генерациях. Новообразованный *метасоматический кварц I* – гранобластовой структуры с включениями мелкочешуйчатого хлорита. Наблюдается в виде агрегатных скоплений и гнездовых обособлений, развивающихся по основной массе рудовмещающих пород (рис. 58в). Содержит гнезда оксидов (магнетит, гематит).

Жильный кварц образует две генерации, различающиеся размерами и структурой агрегатных скоплений. *Кварц II* – мелко-среднезернистый, шестоватой и зубчатой структурой с корродированными краями. Зерна полупрозрачные, с облачным (участками блоковым) угасанием, содержит пелитовую примесь. Слаботрещиноватый; размер зерен в поперечнике 0.3 - 2.5 мм. В межзерновом пространстве отмечаются выделения рудных минералов (рис. 58г).

Кварц III – мелкозернистый, имеет мозаичное строение, слаботрещиноватый, в разной степени лимонитизирован; находится в ассоциации с минералами золота и серебра главного рудного парагенезиса (рис. 58д).

Кварц IV – жильный кварц, белый, полупрозрачный, массивный; содержит включения рутила и в незначительном количестве золотосодержащих минералов. Замещается ярозитом, гидрослюдистыми минералами и каолинитом.

Кварц V – образуется в процессе метаморфизма (окварцевания) в надынтрузивной части гранитоидных интрузий, в частности, по интенсивно аргиллизированным и гидрослюдизированным игнимбрикам риодацитов вблизи рудных зон I, II (рис. 56, 57, 58а, 60).

Адуляр – характерный жильный минерал эпитермальных золото-серебряных месторождений; белого цвета, таблитчатой формы. Образует в прожилках прослой, в чередующиеся с кварцем II генерации; ассоциирует с кальцитом II.

Кальцит – широко распространенный минерал; присутствует в двух генерациях. *Кальцит I* развивается по основной массе рудовмещающих пород и вкрапленникам. *Кальцит II* входит в состав кварц-карбонат-адуляровых жил и цемента кварц-карбонатных брекчий. В рудовмещающих породах представлен преимущественно ксеноморфными, реже гипидиоморфными зернами (от 1.2 до 2.1 мм), развиваясь по основной массе и вкрапленникам. В жилах – белого цвета, мелко- и среднекристаллический.

Сидерит – формируется в завершении второй стадии рудного этапа (табл. 11), слагая отдельные жилы и прожилки, которые секут все более ранние минеральные образования; нередко содержит включения пирита II. Характерны ксеноморфные выделения, размером от первых микрон до 100 мкм. Нередко совместно с оксидами железа образуется вдоль границ рудных минералов. По результатам микрорентгеноспектрального анализа в рудах установлены **родохрозит** и промежуточные члены ряда *родохрозит - сидерит*.

Хлорит – встречается в виде тонких лейст (от 0.1 до 1 мм) и мелкочешуйчатых сфероцитов (до 0.2 - 0.3 мм), образуя сноповидные агрегаты и гнездовые сростания в основной массе рудовмещающих вулканитов. Преобладает железистая разновидность ярко-зеленого (до оливково-зеленого) цвета; реже встречается магнезиальный хлорит (почти бесцветный) в виде радиально-лучистых агрегатов.

Гидрослюда – наблюдается в виде мелких линзочек в жильном кварце и адуляр-карбонат-кварцевых жилах. В измененных вулканитах образует мелкочешуйчатые (0.01 - 0.02 мм) агрегаты, развивающиеся по основной массе.

Серицит – совместно с хлоритом развивается по основной массе вулканитов, образует тонкочешуйчатые выделения во вкрапленниках полевых шпатов. Выполняет микротрещины в кварц-карбонат-адуляровых жилах, где его образование связывается с надынtruзивным окварцеванием.

Каолинит – образует гнездовые скопления в основной массе рудовмещающих вулканитов. В ряде случаев замещает исходные минералы породы до полнопроявленных аргиллизитов.

Халцедон – формируется на контакте с зернами кварца II и III генерации, подчеркивая колломорфно-полосчатую текстуру.

Эпидот I – развивается в основной массе вулканитов в виде криптозернистых и землистых выделений, реже – по вкрапленным минералам. **Эпидот II** – мелкозернистый, в ряде случаев призматический (до 0.2 мм); образуется в основной массе субвулканических андезитов и риодацитов и цементе их эксплозивных брекчий, нередко замещает обломки ксенотуфов среднего состава и выполняет трещины; образуется в процессе надынtruзивного преобразования.

Рутил – встречается в виде игольчатых кристаллов (0.2 - 0.5 мм) в кварце и кварц-ярозитовых жилах; нередко образует скопления разноориентированных кристаллов.

Рудные минералы.

В рудных телах месторождения Невенрекан установлено большое количество рудных минералов, среди которых наиболее распространены пирит и блеклые руды.

Пирит – идиоморфный, мелко- и среднекристаллический, в разной степени катаклазированный. По трещинам катаклаза частично или полностью замещается лимонитом. По составу разделяется на стехиометричный (ранний) и мышьяковистый (поздний); содержание As от 0.29 до 5.11% (табл. В.8, приложение В). В рудовмещающих вулканитах наблюдается в виде отдельных кристаллов и их фрагментов, а также скоплений. В жильном кварце образует единичные кристаллы. *Ранний пирит* встречается в пространственной ассоциации с халькопиритом, сульфосолями и сфалеритом I (рис. 60а-г). Наиболее крупные обособления корродируются марказитом и пирротинном. Незамещенные разности цементируются блеклой рудой и содержат ее включения (рис. 61б).

а



б



Рис. 60. Макроскопические изменения околорудных игнимбритов риодацитов вархаламской толщи в керне скважин месторождения Невенрекан.

Керн из скважин операции 2013 г.: а) скважина № 254-035W, б) скважина № 246-000 (119.3-21.3 м – рудный интервал скважины).

Характерно окварцевание (светлые участки) по интенсивно гидрослюдизированным (тёмные участки) околосильным игнимбритам риодацита вархаламской толщи. Вдоль ранних трещин устанавливается перекристаллизация и окварцевание; образуется монолит по ранее катаклазированной породе. Метасоматиты плохо царапаются стальной иглой (без выделения белого порошка).

Таблица 11. Схема последовательности минералообразования руд месторождения Невенрекан (Приймакко и др., 2022б), с изменениями.

Минералы	Этапы и стадии					
	I	II			III	IV
		основной продуктивный				
		1	2	3		
<i>Жильно-метасоматические минералы</i>						
Кварц	—	—	—	—	—	—
Халцедон	—	—	—	—	—	—
Родохрозит*	—	—	—	—	—	—
Сидерит*	—	—	—	—	—	—
Адуляр	—	—	—	—	—	—
Кальцит	—	—	—	—	—	—
Гидролюда	—	—	—	—	—	—
Рутил	—	—	—	—	—	—
Гематит	—	—	—	—	—	—
Магнетит	—	—	—	—	—	—
Хлорит	—	—	—	—	—	—
Эпидот	—	—	—	—	—	—
Каолинит	—	—	—	—	—	—
Серицит	—	—	—	—	—	—
Родонит**	—	—	—	—	—	—
Ярозит	—	—	—	—	—	—
<i>Рудные минералы</i>						
Пирит	—	—	—	—	—	—
Фрейбергит	—	—	—	—	—	—
Аргентотеннантит	—	—	—	—	—	—
Аргентотетраэдрит	—	—	—	—	—	—
Сфалерит	—	—	—	—	—	—
Галенит	—	—	—	—	—	—
Серебросодержащий галенит	—	—	—	—	—	—
Халькопирит	—	—	—	—	—	—
Пирротин	—	—	—	—	—	—
Арсенопирит	—	—	—	—	—	—
Марказит	—	—	—	—	—	—
Борнит	—	—	—	—	—	—
Канфилдит	—	—	—	—	—	—
Селеноканфилдит	—	—	—	—	—	—
Агвиларит	—	—	—	—	—	—
Матильдит	—	—	—	—	—	—
Полибазит	—	—	—	—	—	—
Пираргирит	—	—	—	—	—	—
Ютенбогаардтит	—	—	—	—	—	—
Касситерит*	—	—	—	—	—	—
Кёстерит	—	—	—	—	—	—
Au-Ag сплавы	—	—	—	—	—	—
Фаза $Ag_7Sn(S,Se)_6$ *	—	—	—	—	—	—
Фаза $Ag_{10}SbS_5$ *	—	—	—	—	—	—
Акантит	—	—	—	—	—	—
Самородный свинец	—	—	—	—	—	—
Самородное серебро	—	—	—	—	—	—
Самородное золото	—	—	—	—	—	?
<i>Гипергенные минералы</i>						
Лимонит	—	—	—	—	—	—
Оксиды и гидроксиды Fe	—	—	—	—	—	—
Оксиды и гидроксиды Cu	—	—	—	—	—	—
Оксиды и гидроксиды Mn	—	—	—	—	—	—
Ковеллин	—	—	—	—	—	—

— распространённые

— второстепенные

— редкие

Примечание: * – данные по (Подольян, Бороздин, 2017); ** – по (Шаповалов, 1982 г.)

В ряде случаев наблюдаются включения канфилдита, селеноканфилдита, галенита и борнита. *Поздний пирит* образует сростания с арсенопиритом, акантитом и самородным золотом II, которые, в свою очередь, встречаются в виде включений (в том числе и самородное серебро) в пирите. Размер отдельных кристаллов от 0.04 до 0.3 мм, скоплений – до 2.1 мм.

Блеклая руда – по составу отвечает минералам теннантит-тетраэдритового ряда (Ag-тетраэдрит, аргентотеннантит и фрейбергит, табл. В.8, приложение В). Образует гнездовые обособления во вмещающих вулканитах (до 2 мм) и жильном кварце. В качестве цемента обволакивает кристаллы пирита, галенита, сульфосолей, образует включения (до 0.5 мм) в них, заполняет трещины катаклаза. Наблюдается в сростании с халькопиритом, пиритом, агвиларитом, сфалеритом, акантитом, сульфосолями, канфилдитом, галенитом и самородным золотом (рис. 61а,б,г-е). По краям кристаллов блеклой руды отмечается развитие акантита и агвиларита; в ряде случаев корродируется марказитом.

Сфалерит – установлен в двух генерациях. *Сфалерит I* образует гнездовую вкрапленность в рудовмещающих породах и жильном кварце; размер отдельных зерен от 0.011 до 0.3 мм. Содержит эмульсию халькопирита, включения блеклой руды, канфилдита, галенита и пирита. Отлагается в ассоциации с пиритом, галенитом, халькопиритом, сульфосолями, сфалеритом II и блеклой рудой. В минеральном составе отмечается стабильная примесь Mn (5.54 - 10.58%) и Fe (0.65 - 2.39%) (табл. В.9, приложение В). *Сфалерит II* встречается в жильном кварце в сростании со сфалеритом I. Нередко наблюдается в ассоциации с пиритом и халькопиритом; по периферии замещается акантитом (рис. 61н). Размер зерен около 0.02 мм.

Халькопирит – встречается в свободном состоянии в жильном кварце, в сростании с сульфидами (галенитом, пиритом, сфалеритом I и акантитом), сульфосолями, самородным золотом, формируется по краевой части блеклой руды (рис. 61а), образует эмульсионную вкрапленность в сфалерите I. В минеральном составе отмечается небольшой избыток серы (табл. В.9, приложение В). Размер зерен до 0.12 мм.

Акантит – наблюдается в виде редкой гнездовой вкрапленности (до 0.5 мм) в рудовмещающих интенсивно измененных вулканитах, жильном кварце и кристаллах пирита (рис. 61в,е). Развивается по периферии галенита, агвиларита, сфалерита II (рис. 61н) и блеклой руды, замещая и корродируя их; размер каймы – до 0.1 мм. Встречается в ассоциации с халькопиритом и пиритом. Содержит микроскопические включения самородного золота и серебра. В минеральном составе присутствует примесь Se – до 4.06% (табл. В.9, приложение В).

Самородное золото – присутствует в трех генерациях; золото генераций I и II относятся к основному продуктивному вулканогенному этапу, золото III – встречается в зонах природного обогащения и связано с гипергенным этапом оруденения. *Золото I* – среднепробное (от 796 до 813‰, при среднем значении 801‰). Образуется в трещинах кварцевых жил, содержащих

сульфидную и полисульфидную минерализацию; отлагается в зернах пирита по трещинкам и в пустотах. Наблюдается в сростании с ютенбогаардтитом, селеноканфилдитом, агвиларитом, сульфосолями и блеклой рудой (рис. 61д,е,п). *Золото II* – высокосеребристое (или весьма низкопробное) с вариации пробности от 397 до 556‰, при среднем 452‰. Отлагается в свободном состоянии в жильном кварце, кварц-язозитовых жилах, по микротрещинам в сульфосолях (рис. 61ж,л,м) и золоте I. Ассоциирует с золотом I, акантитом и блеклой рудой. *Золото III* – высокопробное (897 - 920‰, при среднем значении 908‰). Формируется по трещинам в измененных рудовмещающих вулканитах и в жильном кварц-лимонитовом агрегате (рис. 61н).

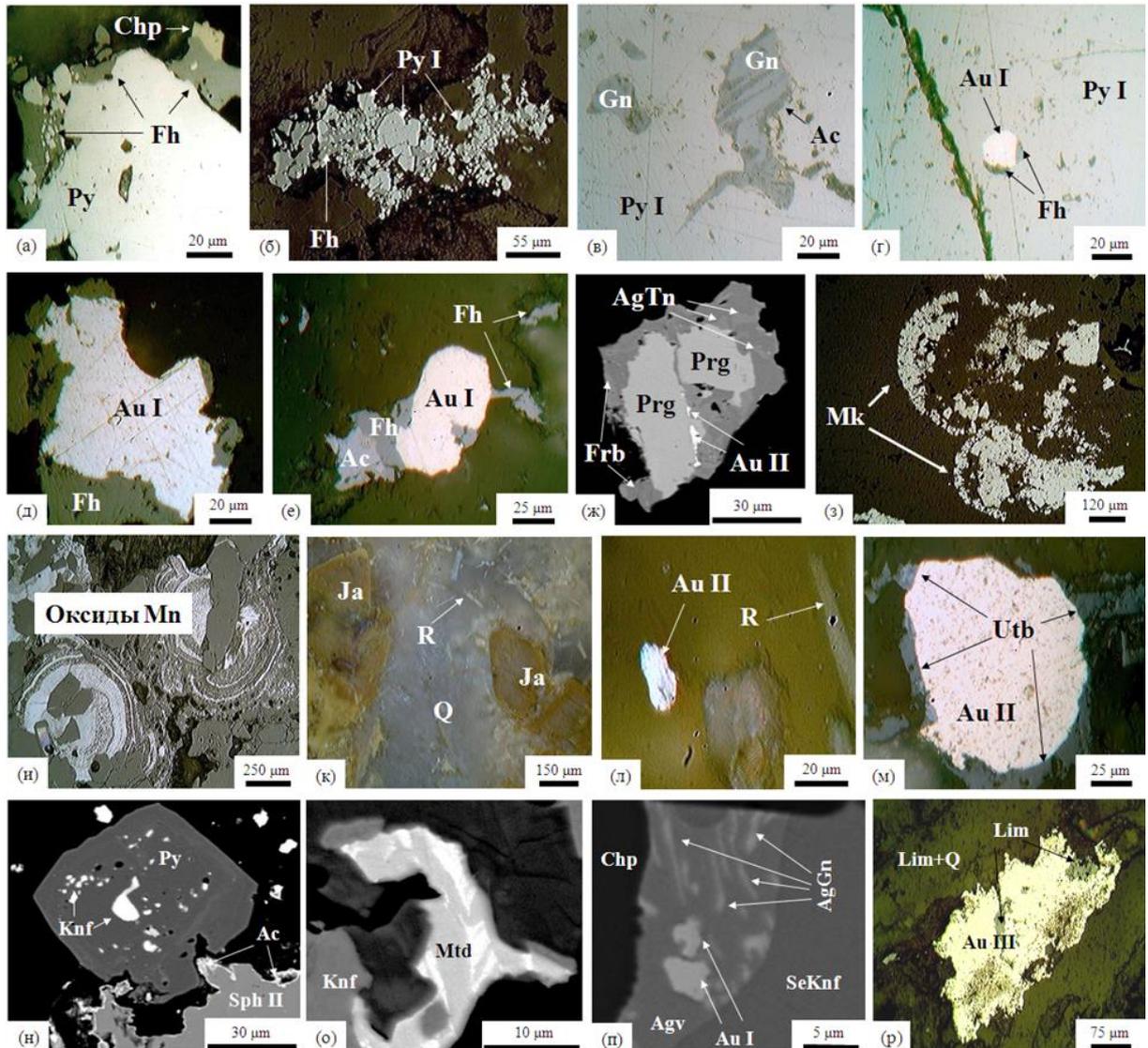


Рис. 61. Взаимоотношение рудных минералов месторождения Невирекан.

а-ж) сформированные в I и II стадии вулканогенного этапа (см. табл. 11): а – обрастание пирита блеклой рудой и халькопиритом, б – ранний пирит (I), сцементированный блеклой рудой, в – включение галенита и акантита в пирите I, г – пирит I, содержащий включения блеклой руды и самородного золота I, д, е – обрастание самородного золота I блеклой рудой (д) и акантитом (е), ж – отложение золота II между зерен пираргирита и фрейбергита, в котором, в свою очередь, присутствуют включения аргентотеннантита; з-м) рудные минералы III гипогенного этапа: з – развитие марказита, и – оксиды марганца, к – формирование рутила и ярозита в кварце, л – отложение самородного золота II в пространственной ассоциации с рутилом, м – обрастание самородного золота II ютенбогаардтитом; н-п) рудные минералы, отнесенные к плутоногенному этапу минералообразования: н – включение канфилдита в пирите и сфалерит

II, вокруг которого отлагается акантит, о – сростание матильдита и канфилдита, п – халькопирит с включениями селеноканфилдита и агвиларита, в котором, в свою очередь, содержатся включения золота I и серебросодержащего галенита; р – обогащенное золото III в кварц-лимонитовом агрегате с реликтами оксидов железа.

Сокращения: Q – кварц, R – рутил, Ja – ярозит, Py – пирит, Mk – марказит, Fh – блеклая руда, Sph – сфалерит, Chr – халькопирит, Gn – галенит, AgGn – серебросодержащий галенит, Knf – канфилдит, Mtd – матильдит, SeKnf – селеноканфилдит, Agv – агвиларит, Utb – ютенбогаардит, Prg – пираргирит, Frb – фрейбергит, AgTn – аргентотеннантит, Ac – акантит, Au – самородное золото, Lim – лимонит.

Галенит – встречается в виде ксеноморфных включений (от 0.008 до 0.3 мм) в метасоматически измененных рудовмещающих породах, жильном кварце и сульфидах (сфалерите I, пирит; рис. 61в,п). Образует сростания с блеклой рудой, арсенопиритом, халькопиритом, сфалеритом, пиритом и самородным золотом. Содержит редкую вкрапленность самородного золота и акантита. По краям зерен нередко корродируется агвиларитом, акантитом и лимонитом. В минеральном составе установлена стабильная примесь Se – до 3.72%, редкие примеси Fe – до 1.72% и Ag – 20.78% (табл. В.9, приложение В).

Арсенопирит – трещиноватый; представлен идиоморфными длиннопризматическими кристаллами (0.05 - 0.15 мм), образующими единичные включения и скопления в зернах пирита, блеклой руды и галенита, а также сростания с ними.

Марказит – формируется по периферии зерен пирита и блеклой руды, корродируя их (рис. 61з). Развивается по пириту, образуя сфероидные скопления в жильном кварце. Размер зерен от 0.08 до 0.8 мм.

Канфилдит – образует включения в блеклой руде, пирите (рис. 54н), галените, халькопирите (рис. 54п) и сфалерите, а также развивается по их периферии и вдоль спайности. Образует сростания с галенитом, сфалеритом, полибазитом, фрейбергитом и матильдитом (рис. 61о). Микроанализом установлено две разновидности – канфилдит (с содержанием Se от 1.02 до 1.78%) и селенокальфидит (Se – 6.24 - 16.67%) (табл. В.9, приложение В)

Агвиларит – образует гнездовую вкрапленность в рудовмещающих вулканитах; наблюдается в виде оторочки вокруг зерен галенита и блеклой руды; сростается с селеноканфилдитом; содержит включения золота I и серебросодержащего галенита (рис. 61п); корродируется акантитом и лимонитом. Размер зерен от 0.015 до 0.3 мм. Минеральный состав не стабилен; содержание Se варьирует от 4.13 до 18.33%, S – соответственно от 14.28 до 4.24% (табл. В.9, приложение В).

Сульфосоли – результатами микрозондового анализа выделяются Ag-VI сульфосоли – матильдит, и Sb – полибазит и пираргирит (табл. В.8, приложение В). Образуют редкую вкрапленность; встречаются в свободном состоянии в жилах. Наблюдаются в сростании с халькопиритом, блеклой рудой, пиритом, сфалеритом и золотом II (рис. 61ж,о) и в ассоциации с блеклой рудой. Размер зерен 0.002 - 0.25 мм.

Ютенбогаардит – обрамляет золото II (рис. 61м), которое находится в свободном состоянии или в сростании с галенитом. В минеральном составе отмечается микропримесь Se – 2.7% (табл. В.9, приложение В).

Кёстерит – наблюдается в сростании с галенитом и сфалеритом; образует включения в селеноканфильдите и галените. Содержит примеси Mn – 1.41- 1.65%, и As до 0.26% (табл. В.8, приложение В).

Самородное серебро – отлагается в виде каплевидных включений в акантите, который в свою очередь развивается по блеклой руде и агвилариту; встречается в виде редких включений в пирите. Находится в ассоциации с галенитом и блеклой рудой. Нередко образует минеральные смеси с вмещающими его минералами (блеклой рудой, акантитом и кюстелитом). Размер зерен не более 0.1 мм.

Результатами минералогического изучения в составе руд месторождения Невенрекан выявлен ряд минералов, не встречающихся в золото-серебряных (LS) месторождениях Эвенского рудного района (см. табл. 6); преимущественно это минералы, образование которых связано с плутогенным этапом оруденения (*эпидот, аргентогаленит, борнит, канфильдит, станин, кестерит, касситерит, матильдит, самородный свинец*). В жильных телах месторождения установлено гипогенное самородное золото I и II генерации, характеризующееся как среднепробное – 801‰, и весьма низкопробное – 452‰. Химический состав сульфидов, сложных сульфидов и сульфосолей (табл. В.8-9, приложение В), ассоциирующих с самородным золотом (табл. В.10, приложение В), а также значимые вариации пробности, могут указывать на различное происхождение самородного золота в рудах Невенрекана, т.к. для эпитермальных месторождений золото-серебряного типа (LS) характерны непрерывные ряды состава самородных минералов в интерметаллидах золота и серебра.

В целом история месторождения Невенрекан представлена 4 этапами – вулканогенным – основным рудным, плутоногенным – ранним и поздним (или «гибридным»), включая метаморфический) и гипергенным (табл. 11). На основании изучения взаимоотношений минералов и минеральных парагенезисов установлено, что формирование гипогенных минералов руд осуществлялось в вулканогенный (включающий три стадии) и плутоногенный (ранний и поздний) этапы.

I этап. Согласно описаниям, приводимым Е.И. Подолян и А.П. Бороздиным (2017), с данным этапом связано формирование касситерита – наиболее раннего рудного минерала, установленного в виде пойкилитовых обломочных включений в халькопирите адуляр-кварцевых жил. Предположительно его образование связано с наиболее ранней гранитоидной рудно-магматической системой Невенрекан-Перекактенского рудного поля, продуцирующей золото-редкометалльное месторождение Перекактное (см. Главу 5). К данному этапу отнесено образо-

вание более поздних вулканогенных пропилитов хлорит-кальцитового и кварц-хлорит-эпидотового состава с магнетитом и гематитом.

II этап. Основной рудный вулканогенный, связанный с образованием кварц-гидрослюдистых метасоматитов, сопровождающих околорудное окварцевание, карбонатизацию, адуляризацию и каолинитизацию, включающий три стадии:

Стадия 1 характеризуется формированием кварц-карбонат-адулярированных жил с включениями пирита I и полисульфидной минерализацией (сфалерит I, галенит, халькопирит, пирротин и борнит);

Стадия 2 отвечает формированию кварцевых жил, содержащих блеклые руды (фрейбергит, аргентотеннантит и аргентотетраэдрит), сульфосоли (полибазит и пираргирит), агвиларит, сульфиды (сфалерит II, галенит, халькопирит, арсенопирит), самородное золото I и самородный свинец.

Стадия 3 характеризуется внедрением кварцевых и кварц-ярозитовых жил, насыщенных рутилом и содержащих пирит II, марказит, ютенбогаардтит, серебро, акантит и золото-серебряные сплавы; рудовмещающие вулканы интенсивно аргиллизированы в близповерхностных условиях. Завершается стадия 3 формированием карбонатных прожилков, не связанных с продуктивной минерализацией;

III этап. Поздний плутоногенный - метаморфический, отвечающий формированию надынструзивного окварцевания, эпидотизации, серицитизации и образованию родонита в жилах месторождения. К рудным минералам относятся матильдит, селеноканфилдит, канфилдит, кестерит, станнин, самородное золото II(?), серебросодержащий галенит, сфалерит II, борнит и самородный свинец по микротрещинам и пустотам в минералах ранних парагенезисов. С данным этапом, связано формирование новых минералов, выделенных Е.И. Подолян и А.П. Бороздиным (2017; Podolian et al., 2019) – фазы $Ag_7Sn(S,Se)_6$ и $Ag_{10}SbS_5$. Не исключается вероятность того, что некоторые из «новых минералов» могли образовываться и в более поздний – вулканогенный этап; тем самым существует вероятность присутствия «гибридной» минерализации в рудах Невенрекана, за счет наложения плутоногенной и вулканогенно-гидротермальной минерализаций.

IV этап. Гипергенный, отвечающий природному «облагораживанию» самородного золота III и образованию оксидов и гидроксидов Fe, Mn, Cu.

Микроэлементный состав руд месторождения Невенрекан, нормированный по отношению к средним значениям для верхней коры (Тейлор, Мак-Леннан, 1988; Hu, Gao, 2008), приведен в таблице А.8 (приложение А). Выявленный геохимический спектр руд – Au-Ag-Se-Sb-As-Sn-Te-Bi, не характерен по данным обобщения для золото-серебряной эпitherмальной минерализации адуляр-кварцевого типа, по (White, Hedenquist, 1995). Отмечается значительное содер-

жание Bi, Sn, Te, указывающее на редкометалльную специфику руд. Высокие концентрации Se (характерные для большинства рудных объектов ОЧВП) и порядок отношения Au к Ag (1:10) характеризуют Невенрекан как оруденение селенового подтипа золото-серебряного геохимического типа, по (Хомич и др., 1989). Коэффициенты концентраций перечисленных элементов во много раз превосходят содержания таковых в рудах золото-серебряных (LS) месторождений Эвенского рудного района – Ирбычан (см. табл. 6, А.2, А.8, приложение А). Пространственное распределение индикаторных элементов свидетельствует о нарушенной зональности в пределах рудного поля Невенрекан (рис. 62, 63).

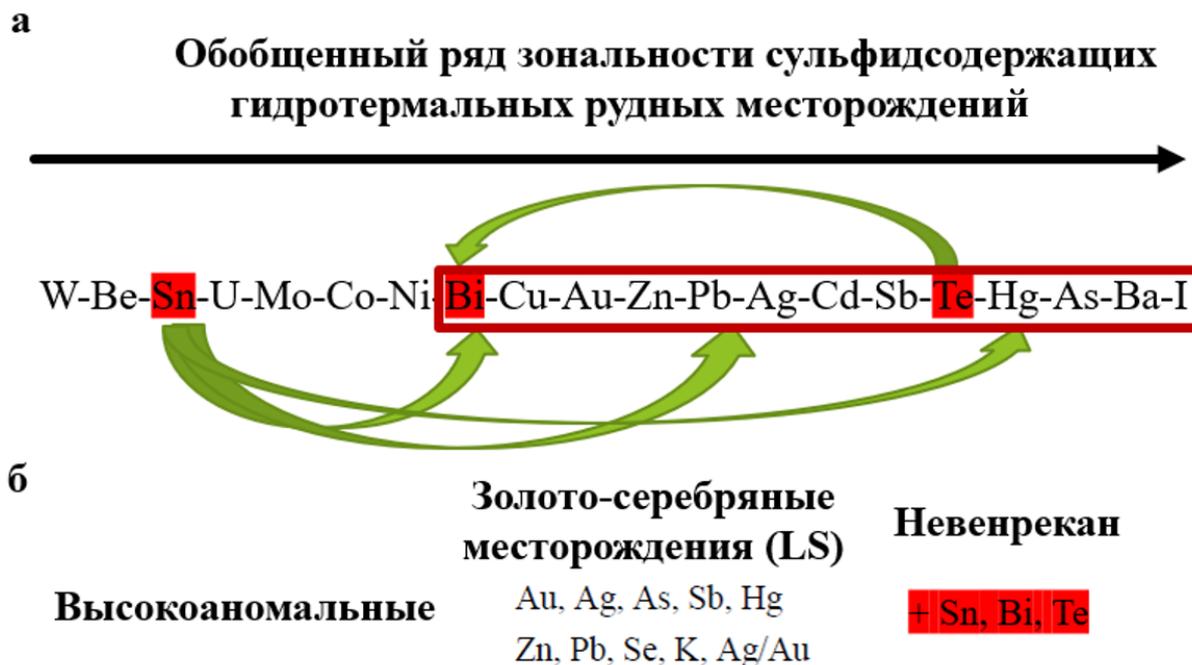


Рис. 62. Нарушение геохимической зональности первичных ореолов месторождения Невенрекан.

а – Обобщенный ряд зональности сульфидсодержащих гидротермальных рудных месторождений, по (Инструкция..., 1983; Соколов, 1998). Черной стрелкой показано направление зональности от подрудных элементов к надрудным; в красной рамке выделены элементы зональности эпитептермальных золото-серебряных низкосульфидированных месторождений; элементы-индикаторы нарушенной зональности аномального рудного поля месторождения Невенрекан выделены красной заливкой. Зелеными стрелками показано сквозное высокоаномальное содержание Sn и расположение Te и Bi в ряду зональности рудного поля месторождения Невенрекан по первичному опробованию (см. табл. А.8, приложение А).

б – Аномальные элементы в рудах золото-серебряных низкосульфидированных месторождений, по (White, Hedenquist, 1995). Красной заливкой отмечены нехарактерные аномальные элементы первичного опробования рудных тел месторождения Невенрекан (см. табл. А.8, приложение А), которые не вписываются в зональность рудных полей сульфидно-гидротермальных месторождений (в том числе эпитептермальных золото-серебряных).

В границах Невенрекан-Перекактенского рудного узла устанавливается геохимическая зональность, выраженная распределением микроэлементов в направлении с юго-востока на северо-запад – As-Au-Cd-Ag-Te-Bi (Перекактное) → Au-Ag-As-Sn-Bi-Te (Невенрекан, зона III) → Au-Ag-As-Sn-Zn-Pb (Невенрекан, зона II) → Au-Ag-As-Sb-Sn-Te (Невенрекан, зона I). Для рудных зон месторождений Невенрекан и Перекактное отмечается общая направленность ориентировки жильных тел, подчиненная системе скрытого глубинного Вархаламского разлома. К дан-

ному разлому приурочено интрузивно-купольное поднятие, возникшее в ходе внедрения не вскрытой интрузии ранне-поздне мелового гармандинского комплекса и предопределившее структурный план месторождения Перекатное, а также внедрение поздне меловых субвулканических тел андезитов – дацитов, парагенетически связанных с золото-серебряной минерализацией Невенрекан. Перечисленное предполагает с одной стороны – возможность существования парагенетической связи золото-серебряного (Невенрекан) и золото-редкометалльного (Перекатное) оруденения, с другой – наложение минерализации различных рудно-магматических систем.

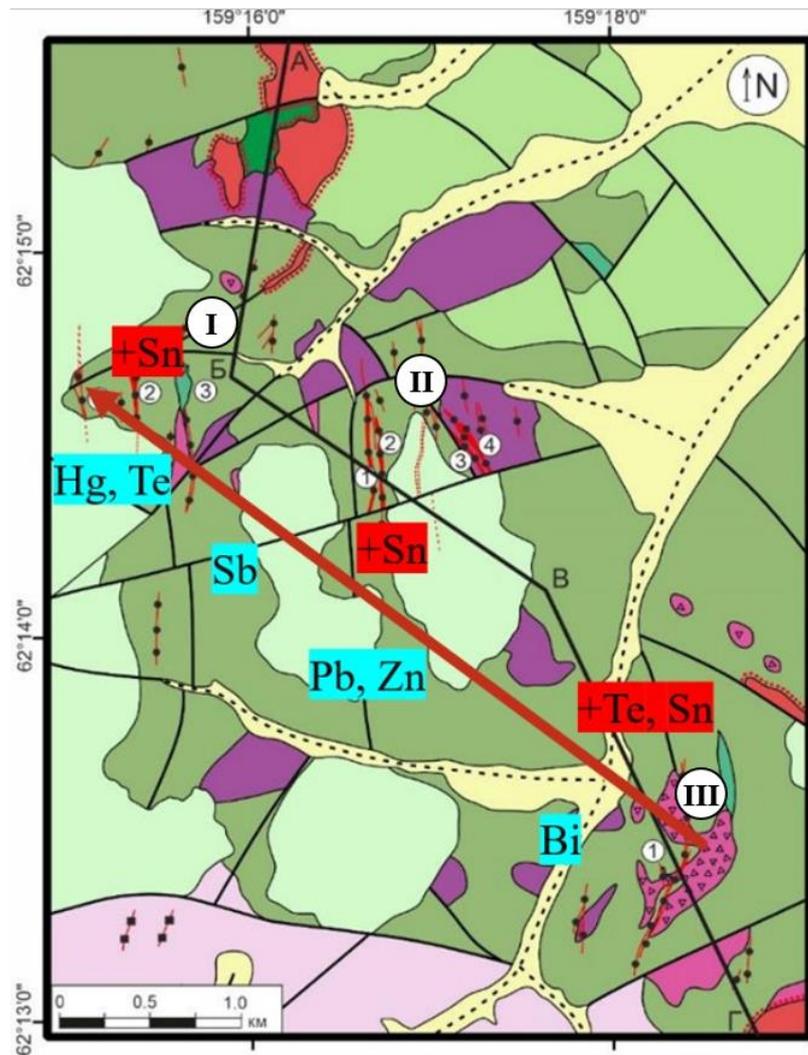


Рис. 63. Схема нарушенной геохимической зональности аномального рудного поля по индикаторным элементам на плане месторождения Невенрекан, (Прийменко и др., 2020б, 2022а).

Условные обозначения на рис. 56. Красной заливкой выделены индикаторные химические элементы с аномальными содержаниями, которые занимают нехарактерное для сульфидсодержащих гидротермальных рудных месторождений место в зональности аномального рудного поля. Бирюзовой заливкой выделены индикаторные аномальные элементы ненарушенной зональности золото-серебряных месторождений. Красная стрелка – направление геохимической миграции элементов.

Для Невенреканского рудного поля установлено сочетание разнотипных (оловянной с касситеритом и золото-серебряной) минерализаций, связанных с плутоногенной и вулканоген-

ной РМС. Выделено три этапа гипогенного рудообразования, каждый из которых характеризуется набором типоморфных минералов и их парагенезисов. К таковым этапам относятся:

- ранний (плутоногенный) – связь с золото-редкометалльной рудно-магматической системой (составной частью которой является месторождение Перекатное). Характеризуется повышенными концентрациями олова, висмута и теллура, присутствием ксенолитов касситерита в халькопирите ранних парагенетических ассоциаций руд месторождения Невенрекан, по (Подольян, Бороздин, 2017); Косвенным указанием на плутоногенное происхождение рудной минерализации может служить присутствие самородного золота II генерации.

- основной (вулканогенный) – формирование адурьяр-кварцевых жил с золото-серебряной минерализацией на фоне прерудного андезит-дацитового субинтрузивного магматизма. Выделяется набором парагенетических ассоциаций минералов, характерных для эпитермальных золото-серебряных месторождений Эвенского рудного района.

- поздний плутоногенный - метаморфический (или «гибридный») – отражает совокупность воздействия наложенных друг на друга плутоногенной и вулканогенной рудно-магматических систем. Характеризуется присутствием в рудах канфильдита, кестерита, матильдита, родонита и др., в рудном поле – окварцованных и эпидотизированных пород.

Эксклюзивность месторождения Невенрекан в ряду золото-серебряных объектов Эвенского рудного района обусловлена его геолого-структурной позицией и влиянием локальных (и зачастую региональных) факторов на эволюцию рудообразования. Месторождение входит в состав Невенрекан-Перекактненского рудного узла, расположенного в пределах Невенреканского прогиба, который в свою очередь является составной единицей Туромчинской вулканотектонической депрессии. В границах последней наблюдается сложное сочетание осадочных, покровных, экструзивных, субвулканических и интрузивных образований, ограниченных зонами маγμαконтролирующих глубинных разломов и сетью оперяющих их дуговых и кольцевых разрывов – Вархаламская и Доктомычанская зоны разломов. Маγμαконтролирующие Вархаламский и Доктомычанский глубинные разломы образуют ряд сочленяющихся разломных систем; к участкам их совмещения приурочены рудно-маγμαтические системы различного генезиса и возраста. Доктомычанская система разломов относится к наиболее изученным; протягивается в северо-восточном направлении, пересекая Туромчинскую вулканотектоническую структуру, и следует на расстоянии не менее 100 км вдоль простирания ОЧВП (Кузнецов, 2001). Разломы осложнены серией преимущественно левосторонних сбросо-сдвиговых нарушений с амплитудами вертикальных перемещений 0.5 - 0.7 км, горизонтальных левосторонних – 1.5 – 2 км (Политов, 1981 г.). Вархаламская система разломов относится к скрытым разломам фундамента и выделяется по комплексу прямых и косвенных признаков. Прослеживается в северо-западном направлении – вглубь ОМ, где продолжается системой скрытого Конгинского разло-

ма (Конгинская РМЗ с молибденовым, золотым и серебряным оруденением). Ширина Вархаламской разломной зоны оценивается до 50 км (Кузнецов и др., 2022); ее границы трассируются цепочками гранитоидных интрузий и субвулканических тел кислого состава. Примечателен тот факт, что границы разломной зоны совпадают с контурами Туромчинской вулканотектонической депрессии. В строении Невенрекан-Перекактненского рудного узла совмещены Невенреканский вулканотектонический прогиб (депрессия или просадка) и изометричное Перекактненское интрузивно-купольное поднятие. Рудные тела, несущие золото-серебряное оруденение, локализованы в пределах Невенреканской просадки и генетически связаны с субвулканическими телами, прорывающими лавовые покровы вархаламской толщи; золото-редкометалльная минерализация концентрируется в апикальной части Перекактненского купольного поднятия, где ведущая рудообразующая роль принадлежит нескрытой гранитоидной интрузии.

По материалам геологических наблюдений и данных изотопного датирования составлена идеализированная геолого-событийная модель формирования Невенрекан-Перекактненского рудного узла (рис. 64).

Наиболее древние (составляющие фундамент) образования здесь представлены триасовыми терригенными толщами мезозой, вмещающими золото-редкометалльное штокверковое оруденение Перекактное (89 ± 2 млн лет, Ar-Ar). В пределах Перекактненского рудного поля аргиллиты и алевролиты интенсивно ороговикованы, участками грейзенизированы, что является свидетельством надинтрузивного метасоматоза и приконтактового воздействия высокотемпературных гидротерм.

Предполагается генетическая связь редкометалльного оруденения с ранне-поздне меловым этапом гранитоидного магматизма (гармандинский комплекс). Внедрение гранитоидной магмы способствовало формированию Перекактненского купольного поднятия и выведению на эрозионную поверхность пород основания вулканоструктуры. В структурном плане это отражено системой клавишных сбросово-сдвиговых разломов. На заключительных стадиях развития гранитоидной РМС формировалось гидротермальное золото-редкометалльное оруденение. В границах Невенреканского рудного поля данный этап фиксируется по реликтовым ксенолитам раннего касситерита, представляющим глубинные – "корневые", части золото-редкометалльной рудно-магматической системы. Присутствие реликтового касситерита является главным свидетельством существования раннего плутоногенного этапа; согласно (Алексеев, Марин, 2021) подтверждением тому может служить следующее:

- касситерит индикатор редкометалльного петро- и рудогенеза;
- касситерит образуется при высоких давлениях и температурах, которые не соответствуют условиям эпитермальных рудно-магматических систем;

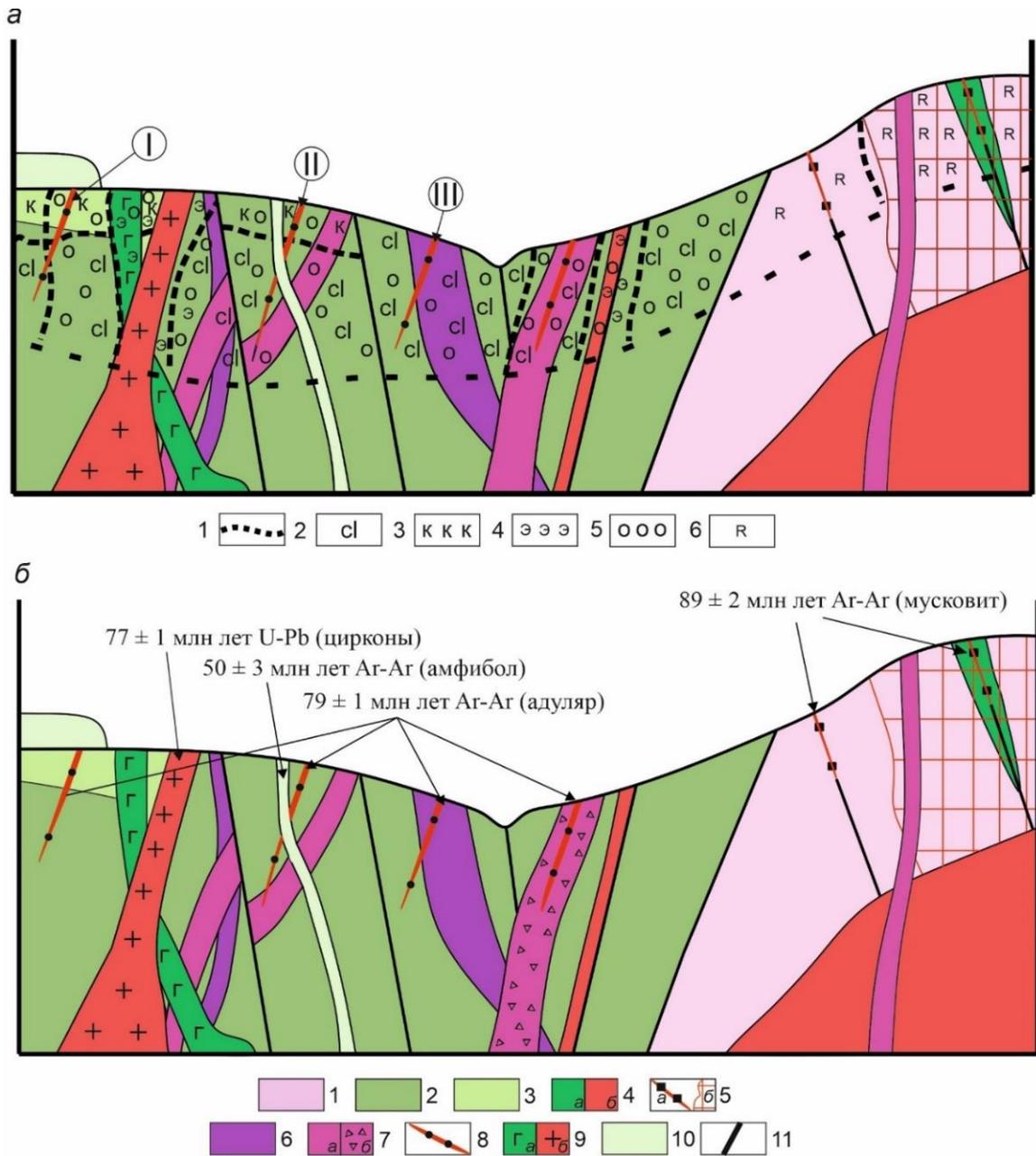


Рис. 64. Модель образования Невенрекан-Перекактенского рудного узла (Приيمنко и др., 2020б, 2022а, 2023а) с изменениями.

а) Схема метасоматических изменений: 1 – условная граница глубины изучения; 2 – хлоритизация, карбонатизация, околожильная гидрослюдизация; 3 – каолинитизация; 4 – эпидотизация; 5 – окварцевание; 6 – ороговикование. Римские цифры в кружочках – номера рудных зон.

б) Событийная схема формирования (от ранних событий к поздним): 1 – фундамент вулканоструктуры (терригенные породы триаса); 2-9 – магматизм ОЧВП и связанное с ним рудообразование: 2,3 – излияние нижне-верхнемеловых игнимбритов и туфов дацитов вархаламской (2) и андезитов турмчинской (3) толщи, 4 – внедрение ранне-позднемерловых интрузивных тел габбро - габбродиоритов (а), гранодиоритов (б) гармандинского комплекса, с которыми парагенетически связано золото-редкометалльное оруденение Перекактное (89 ± 2 млн лет, Ar-Ag), 5 – жильно-прожилковые (а) и штокверковые зоны (б) золото-редкометалльного месторождения Перекактное, 6,7 – внедрение позднемерловых субвулканических тел уйканского комплекса: 6 – андезитов, 7 – дацитов (а) и их эксплозивных брекчий (б), с которыми парагенетически связано эпитермальное золото-серебряное оруденение Невенрекан (79 ± 1 млн лет, Ar-Ag), 8 – золото-серебряные адуляр-карбонат-кварцевые жилы месторождения Невенрекан, 9 – внедрение позднемерловых интрузивных тел габбро - габбродиоритов (а) и гранодиоритов (б) ахавеемского(?) комплекса (77 ± 1 млн лет, U-Pb); 10 – излияние эоценовых базальтов кытыймского(?) комплекса и внедрение их дайковых тел (50 ± 1 млн лет, Ar-Ag, Акинин и др., 2022), секущих эпитермальное золото-серебряное оруденение Невенрекан; 11 – разломы.

- образование касситерита связано с гранитоидными интрузиями и/или наложенными пневматолитовыми процессами и грейзенизацией;

- установленные в границах рудного поля обширные контрастные аномалии олова с высокими содержаниями свидетельствуют о его «неакцессорном» состоянии в рудах; данное подтверждается – присутствие широкого спектра минералов олова;

- наложение аномалий олова на аномалии золота, серебра, сурьмы, мышьяка, свинца и цинка (Стрешневский, Абумуслимов, 1985 г.; Приймак и др., 2020б, 2022а) указывает на его сквозное содержание в рудах, противоречит зональности аномальных рудных полей золото-серебряных гидротермальных месторождений (Инструкция..., 1987; Соколов, 1998);

- характерна повышенная роль Te и Bi в вещественном составе руд.

Гранитоидный магматизм и генетически связанная с ним оловянная, висмутовая и теллуровая минерализация отвечают раннему этапу эволюции ОЧВП. Материалами изотопного датирования возраст гранитоидной интрузии косвенно определен как дотуронский – не древнее возраста золото-редкометалльного оруденения Перекатное (89 ± 2 млн лет, $Ar-Ar$).

Вмещающие золото-серебряное оруденение Невенрекан игнимбриты и туфы риодацитов вархаламской толщи повсеместно карбонатизированы, хлоритизированы, каолинитизированы; отмечается пострудное надинтрузивное окварцование и эпидотизация. Околорудные изменения представлены кварц-гидрослюдистыми метасоматитами. В пределах рудных зон I и II (расположенных гипсометрически выше зоны III) устанавливается метасоматическая зональность – хлоритизация + карбонатизация вверх по разрезу сменяются каолинитизацией. Внедрение высококалийных субвулканических тел андезит-дацитового состава уйканского(?) комплекса предшествовало формированию золото-серебряных руд Невенрекана, либо являлось сингенетичным. Для золото-серебряных адуляр-карбонат-кварцевых жил, секущих субвулканические тела андезит-дацитового ряда, методом $Ar-Ar$ датирования получены возрастные значения, отвечающие кампанскому веку – 79 ± 1 млн лет; в границах Перекатненского рудного поля субвулканические дайки дацитового состава пересекают штокверковую зону месторождения. Принимая во внимание тот факт, что временной интервал функционирования гидротермальных систем, продуцирующих промышленное оруденение, не превышает 1 млн лет (Cathles et al., 1997), можно заключить, что в пределах Невенрекан-Перекатненского рудного узла между этапами золото-редкометалльного и золото-серебряного оруденения существовал длительный перерыв от 7 до 13 млн лет. В магматической истории ОЧВП данный интервал характеризует период, разделяющий заключительные импульсы кислого вулканизма, в границах его раннего и позднего этапов.

В пределах Невенрекан-Перекатненского рудного узла широко распространены гранитоидные интрузии калиево-натриевого типа щелочности (табл. А.1., приложение А), магнетито-

вой серии, которые характеризуются как пострудные; геологическим отражением тому являются повсеместное окварцевание и локальная эпидотизация вмещающих вулканогенных образований и метасоматически измененных пород жильных зон. Установленные породные взаимоотношения и материалы U-Pb датирования циркона из гранодиоритов, слагающих штокообразные тела в северо-западной части Невенреканского и северо-восточной Перекатненского рудных полей (77 ± 1 млн лет, кампан), позволяют соотнести данные интрузивные тела с ахавеемским комплексом.

Наиболее поздними магматическими образованиями изучаемого района выступают кайнотипные базальты (уйканский и/или кытыймский комплексы), образующие лавовые покровы на вершинах водоразделов.

Бальтовые покровы прорываются дайками андезибазальтов кытыймского комплекса – 50 ± 3 млн лет, Ar-Ar, по (Акинин и др., 2022), которые, в свою очередь, пересекают золото-серебряные адуляр-карбонатные-кварцевые жилы Невенрекана.

6.2. Геохимические особенности золото-серебряных руд на трехмерных диаграммах факторных значений (метод многомерной статистики факторного анализа) на примере полигенного месторождения Невенрекан

Для анализа геохимического состава, характера геологических процессов и, отчасти, генезиса сложноустроенных рудных объектов эффективным является использование метода многомерной статистики факторного анализа (Девис, 1990; Davis, 2002; Котова, Булдаков, 2009). Данный метод позволяет наглядно продемонстрировать взаимосвязь, единство или антагонизм анализируемых объектов путем математической оценки корреляции некой совокупности измеряемых величин. Геохимические системы включают множество характерных признаков (или переменных), каждый из которых может быть проявлен с разной интенсивностью, в зависимости от степени влияния на них ряда геологических процессов (или геологических факторов). Такие процессы не поддаются измерению, но их можно представить в виде эмпирических числовых характеристик многих переменных. Числовой массив исследуемых переменных представит в виде матрицы, внутри которой путем математических исчислений осуществляется переход от множества исходных переменных к меньшему числу новых переменных, но уже связанных между собой общими свойствами – «математическими» факторами. Тем самым каждый из факторов можно интерпретировать как одну из причин совместной изменчивости нескольких исходных данных. Степень взаимосвязи переменных с фактором (или степень воздействия фактора на переменные – гипотетический фактор влияния) имеет числовое выражение и именуется факторной нагрузкой (или факторным весом). Величина факторной нагрузки и её знак могут

говорить о положительных или отрицательных связях переменных фактора; чем больше абсолютная величина нагрузки, тем сильнее связь с фактором или существеннее его влияние. Очевидно, что переменные, характеризующие один объект, а также объекты, находящиеся в границах единой геохимической системы (или являются сингенетичными), по ряду факторов могут обладать близкими величинами (с общим знаком) факторных нагрузок, т.е группироваться по оси одного из факторов или в пространстве нескольких факторов.

Количество выбранных факторов регламентируется величиной влияния (факторным весом) каждого из факторов. Для оценки выбора количества факторов наиболее часто используются методы: Кайзера (Kaiser, 1960), где оцениваются факторы, значения которых больше единицы, и «каменистой осыпи» (Cattell, 1966) – графической оценки точка перехода кривой от крутонаклонной к пологой части (рис. 65а).

Для визуализации результатов факторного анализа используются двух- и трехмерные диаграммы, где координатами объектов выступают значения факторных нагрузок. На таких диаграммах можно рассмотреть, как факторы соотносятся между собой в пространстве, в каких случаях меняют и/или принимают минимальные и максимальные значения.

Для визуализации результатов факторного анализа наиболее продуктивны двух- и трехмерные диаграммы, где координатами объектов выступают значения факторных нагрузок. На таких диаграммах можно рассмотреть, как факторы соотносятся между собой в пространстве, в каких случаях меняют и/или принимают минимальные и максимальные значения.

Факторный анализ геохимического состава руд месторождения Невенрекан выполнен по главным индикаторным элементам – Au, Ag, As, Bi, Cu, Mo, Pb, Sb, Sn, Te, Zn (ICP-OES; MS). Для получения статистически значимого и максимально достоверного результата привлечены аналитические материалы по наиболее характерным и представительным месторождениям:

- эпитермального золото-серебряного (LS) типа; в пределах ОЧВП – это позднемеловые месторождения Ирбычан (Пенжинский сегмент, Эвенский рудный район) и Купол (Центрально-Чукотский сегмент), для ОМ – месторождения Кубака и Ольча, генетически связанные со среднепалеозойским Кедонским вулcano-плутоническим поясом;

- золото-редкометалльного типа – месторождение Перекатное, составляющее Невенрекан-Перекатненский рудный узел (Пенжинский сегмент, Эвенский рудный район);

- золото-серебряного полигенного типа – месторождение Теплое, расположенное на сочленении Омсукчанской (Балыгычано-Сугойской) РМЗ и Охотского сегмента ОЧВП.

Всего в статистическом анализе задействованы данные по 39 пробам руд месторождений; аналитические материалы включают результаты анализов из коллекций автора и Н.Е. Саввы (табл. 12, рис. 65).

Математическая обработка содержаний индикаторных элементов в рудах анализируемых месторождений показала, что значимое влияние на их распределение и корреляцию обнаруживают четыре фактора, каждый из которых характеризуется значимыми величинами нагрузки нескольких химических элементов (рис. 65а,б). Так, имеющий наибольшее влияние Фактор 1 (собственное значение 4.25) определен его отрицательной связью с Pb (-0.85), Zn (-0.82), Sn (-0.8), Bi (-0.75), в меньшей степени Cu (-0.69), As (-0.56), Te (-0.54) и Mo (-0.44). Такая признаковая структура позволяет сделать заключение о том, что Фактор 1 обнаруживает корреляционную связь анализируемых месторождений по большинству индикаторных химических элементов. Исключением являются золото, серебро и вольфрам, которые, в свою очередь, составляют нагрузку Фактора 2 (собственное значение 2.41) – положительная связь с Au (0.72) и Ag (0.84) и отрицательная с Te (-0.53) и W (-0.45). Относительно меньшую нагрузку несет Фактор 3 (собственное значение 1.73); его представительность обусловлена положительной связью с As (0.75) и Sb (0.68) и отрицательной с Cu (-0.46). Факторы 4 и 5 являются наименьшими из значимых, их нагрузку определяет отрицательная связь с Mo (-0.55 и -0.53); также для Фактора 4 отмечается существенная положительная связь с W (0.64).

Установленные факторные нагрузки индикаторных химических элементов в рамках пятифакторной структуры позволяют с помощью математических расчетов (Statistica, 2012) рассматривать отдельные месторождения как совокупность значений влияния каждого из факторов в рамках рудного образца (рис. 65в). Из расчетных значений видно, что месторождения, сформированные в течение одного этапа – вулканогенного (такие как золото-серебряные Ирбычан, Купол, Кубака, Ольча), либо плутоногенного (золото-редкометалльное Перекатное), характеризуются близкими значениями факторов, образующими совокупность либо положительных, либо отрицательных значений, тогда как объекты с наложенной минерализацией (полигенные Невенрекан и Теплое) совмещают в своей совокупности как положительные, так и отрицательные значения. Выявленные закономерности наиболее ярко проявляются на трехмерных диаграммах; здесь оценка месторождений (сходство, отличие) осуществляется в модели влияния нескольких значимых факторов (рис. 66).

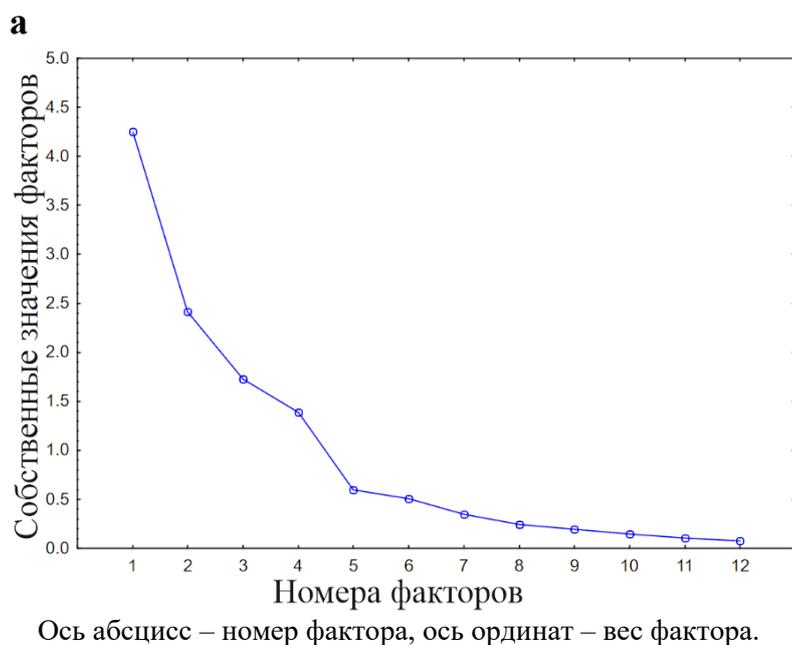
Таблица 12. Содержание индикаторных химических элементов золотых и серебряных месторождений ОМ и ОЧВП (ICP, г/т; входные данные для факторного анализа).

№	Месторождение (рудная зона)	Kod	Sample	Au	Ag	As	Bi	Cu	Mo	Pb	Sb	Sn	Te	Zn
Кедонский вулcano-плутонический пояс ОМ														
1	Кубака	K	K238	3.59	5.20	56.00	0.05	10.00	0.02	13.00	4.30	1.70	0.26	25.00
2	Кубака	K	K239	0.61	0.19	14.00	0.06	20.00	0.02	27.00	5.00	1.20	4.20	12.00
3	Кубака	K	K240	1.27	0.21	10.00	0.30	10.00	0.02	161.00	2.10	1.80	32.00	31.00
4	Кубака	K	K241	6.05	1.68	43.00	0.24	130.00	0.02	131.00	20.00	2.00	20.00	24.00
5	Кубака	K	K242	5.11	0.39	9.40	0.15	60.00	0.02	317.00	8.20	1.20	22.00	22.00
6	Кубака	K	K243	1.29	1.07	51.00	0.02	50.00	0.02	132.00	36.00	1.20	1.40	17.00
7	Ольча	O	O423	0.85	0.50	35.00	0.34	20.00	0.95	5.80	0.61	0.12	н.п.о.	55.00
8	Ольча	O	O425	18.71	31.00	7.00	0.01	30.00	1.00	1.20	9.80	0.11	0.03	44.00
9	Ольча	O	O426	0.59	3.40	110.00	0.01	10.00	0.58	3.80	16.00	0.55	0.07	42.00
10	Ольча	O	O428	14.21	75.00	8.30	0.01	40.00	1.00	1.60	0.80	0.08	0.07	21.00
Сочленение Охотского сегмента ОЧВП и Балыгычано-Сугойского прогиба														
11	Теплый	T	T548	5.09	239.47	5.34	22.22	120.45	0.02	99.38	4.22	2.05	2.97	305.24
12	Теплый	T	T550	1.59	71.14	6.18	2.03	399.63	7.12	229.01	2.42	1.99	6.00	792.56
13	Теплый	T	T551	15.87	293.97	0.76	0.07	246.01	5.37	971.94	3.24	1.72	0.98	492.46
14	Теплый	T	T553	6.74	188.05	5.90	13.65	275.08	0.02	24.09	2.81	1.89	16.63	594.73
15	Теплый	T	T555	22.71	236.30	2.31	2.34	272.52	23.99	83.13	1.95	1.34	1.22	1986.57
16	Теплый	T	T556	12.56	297.29	1.61	0.22	285.89	0.02	127.01	8.02	1.66	0.45	625.15
Центрально-Чукотский сегмент ОЧВП														
17	Купол	KU	KU252	10.99	10.00	163.00	н.п.о.	10.00	0.02	3.90	77.00	1.00	0.05	46.00
18	Купол	KU	KU253	15.75	58.00	106.00	0.06	10.00	0.02	18.00	71.00	1.10	0.03	125.00
19	Купол	KU	KU254	25.79	226.00	126.00	0.02	20.00	2.20	129.00	171.00	1.40	0.96	17.00
20	Купол	KU	KU256	2.53	22.00	257.00	0.10	10.00	27.00	15.00	283.00	2.60	0.30	47.00
Пенжинский сегмент ОЧВП (Эвенский рудный район)														
21	Ирбычан	IR	10I	23.93	3173.48	228.30	0.01	115.60	23.51	7.90	44.02	1.30	1.27	21.00
22	Ирбычан	IR	13I	5.02	106.86	240.80	0.01	122.80	27.52	10.40	60.03	1.30	0.05	16.00
23	Ирбычан	IR	19I	4.60	30.93	180.50	0.01	32.70	11.12	2.00	21.36	1.00	0.05	81.00

№	Месторождение (рудная зона)	Kod	Sample	Au	Ag	As	Bi	Cu	Mo	Pb	Sb	Sn	Te	Zn
24	Ирбычан	IR	33I	3.44	14.70	98.80	0.01	71.70	24.19	2.70	54.63	1.40	0.05	2.00
25	Перекастное	P	P1	0.70	6.15	1669.60	10.43	69.10	13.97	474.70	22.17	10.60	2.80	1423.00
26	Перекастное	P	P3	0.67	9.37	737.60	13.31	40.30	7.23	1454.30	17.37	14.10	4.10	714.00
27	Перекастное	P	P8	0.39	1.68	1024.50	2.19	42.10	8.28	182.20	18.50	12.50	1.18	1125.00
28	Перекастное	P	P9	1.31	22.81	1624.30	33.49	91.60	28.26	464.10	25.86	33.90	24.80	1419.00
29	Перекастное	P	P13	0.51	11.73	2095.00	16.10	245.80	27.76	966.40	29.16	24.10	4.59	4192.00
30	Перекастное	P	P24	0.45	9.53	1522.90	17.58	95.50	16.55	843.30	24.28	14.20	2.66	2602.00
31	Перекастное	P	P25	0.48	28.45	2184.00	51.72	197.10	17.00	2769.00	27.99	15.40	6.26	4532.00
32	Невенрекан III зона	NV	N20	29.17	20.92	1126.90	13.23	41.90	1.92	112.70	36.36	9.00	4.82	22.00
33	Невенрекан II зона	NV	N16	7.85	81.86	4.80	0.02	22.60	1.02	16.40	9.13	12.10	0.17	58.00
34	Невенрекан II зона	NV	N5	22.07	208.00	1137.20	0.23	219.70	0.78	200.20	19.58	42.60	0.14	535.00
35	Невенрекан II зона	NV	N17	28.91	28.20	1.90	0.01	22.60	1.00	6.90	6.81	3.00	0.03	7.00
36	Невенрекан II зона	NV	N6	8.66	264.00	102.80	0.03	111.20	0.59	34.30	10.38	46.10	0.03	1787.00
37	Невенрекан II зона	NV	N8	8.78	784.00	224.10	0.07	126.60	0.78	129.20	51.17	104.90	1.30	1155.00
38	Невенрекан II зона	NV	N14	15.11	878.00	595.20	0.03	345.20	0.96	140.80	135.64	127.20	0.12	328.00
39	Невенрекан II зона	NV	N3	10.13	4702.00	643.00	0.27	1174.80	1.10	2223.20	761.90	3843.00	1.18	1050.00

Примечание. Для месторождений Кубака, Ольча, Купол аналитические материалы получены по образцам из коллекции Н.Е. Саввы.

Типы месторождений: Перекастное – золото-редкометалльное, Теплое и Невенрекан – с наложенной минерализацией (полигенные), прочие – золото-серебряные.



б

Переменные	Факторные нагрузки элементов (переменных), без вращения			
	Фактор (1)	Фактор (2)	Фактор (3)	Фактор (4)
Au	0.29	0.72	-0.33	0.38
Ag	-0.33	0.84	-0.26	0.13
As	-0.56	0.01	0.75	-0.05
Bi	-0.75	-0.45	-0.22	-0.18
Cu	-0.69	0.31	-0.46	0.08
Mo	-0.44	0.30	0.30	-0.55
Pb	-0.85	-0.29	-0.12	0.25
Sb	-0.33	0.40	0.68	0.43
Sn	-0.80	0.25	0.17	0.24
Te	-0.54	-0.53	-0.23	0.36
Zn	-0.82	-0.02	-0.22	-0.17
W	0.29	-0.45	0.16	0.64
Собственное значение фактора	4.25	2.41	1.73	1.38
Доля дисперсии	0.35	0.20	0.14	0.12

в

Код месторождения	Факторные нагрузки по образцам, без вращения			
	Фактор (1)	Фактор (2)	Фактор (3)	Фактор (4)
К	1.15	-0.91	0.27	0.83
К	0.98	-1.87	0.14	0.55
К	0.67	-2.23	-0.38	0.77
К	0.22	-1.03	-0.35	1.68
К	0.49	-1.51	-0.62	1.48
К	0.60	-1.09	0.51	1.22
О	1.25	-0.65	-0.08	-2.85
О	1.44	0.92	-0.35	-0.98
О	1.06	-0.35	1.13	-1.13
О	1.57	0.33	-0.95	-0.71
Т	-0.29	-0.17	-1.87	-0.24
Т	-0.63	-0.46	-1.53	-0.63
Т	-0.26	0.71	-2.07	-0.53
Т	-0.36	-0.10	-2.25	-0.31
Т	-0.31	0.32	-1.96	-0.37
Т	0.22	-0.05	-1.68	1.80
KU	1.36	0.26	1.19	1.20
KU	0.90	0.31	0.69	1.12
KU	0.42	0.63	0.88	1.55
KU	0.29	0.16	1.88	0.08
IR	0.22	1.59	0.21	0.17
IR	0.39	1.08	0.91	-0.46
IR	0.69	0.78	0.79	-1.17
IR	0.88	0.74	1.18	-0.60
P	-1.16	-0.86	0.74	-0.74
P	-1.12	-1.03	0.57	-0.47
P	-0.82	-0.95	0.96	-1.11
P	-1.49	-0.76	0.52	-0.13
P	-1.70	-0.74	0.55	-0.59
P	-1.42	-0.85	0.64	-0.87
P	-1.84	-0.83	0.37	-0.58
NV	-0.45	0.23	0.35	0.11
NV	0.55	0.68	-0.35	-0.41
NV	-0.70	0.99	-0.01	0.43
NV	1.27	0.95	-0.48	-0.42
NV	-0.28	1.18	-0.28	-0.47
NV	-0.88	1.10	-0.03	0.43
NV	-0.82	1.70	0.38	0.68
NV	-2.07	1.82	0.34	1.70

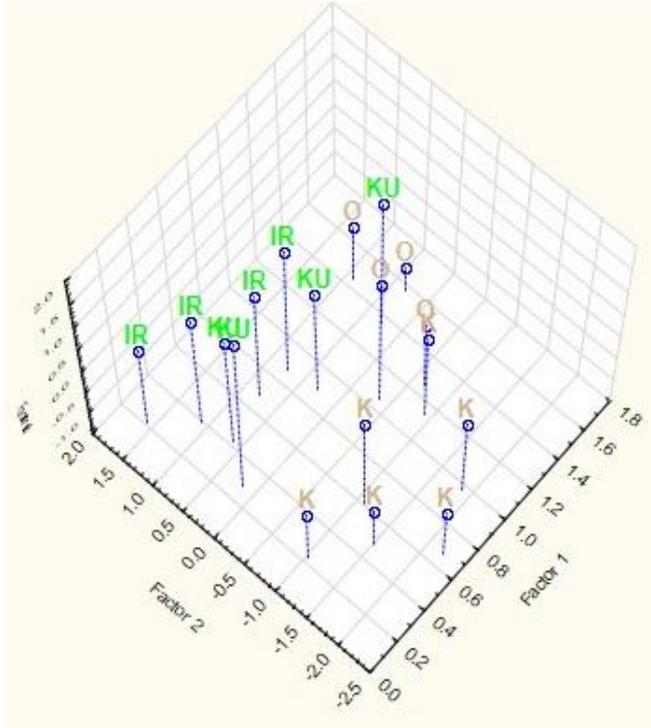
Рис. 65. Расчетные значения факторного анализа.

а) график критериев выбора количества факторов методом «каменистой осыпи»; значения факторных нагрузок для индикаторных химических элементов (б) и образцов руд месторождений (в). Код месторождений см. табл. 12.

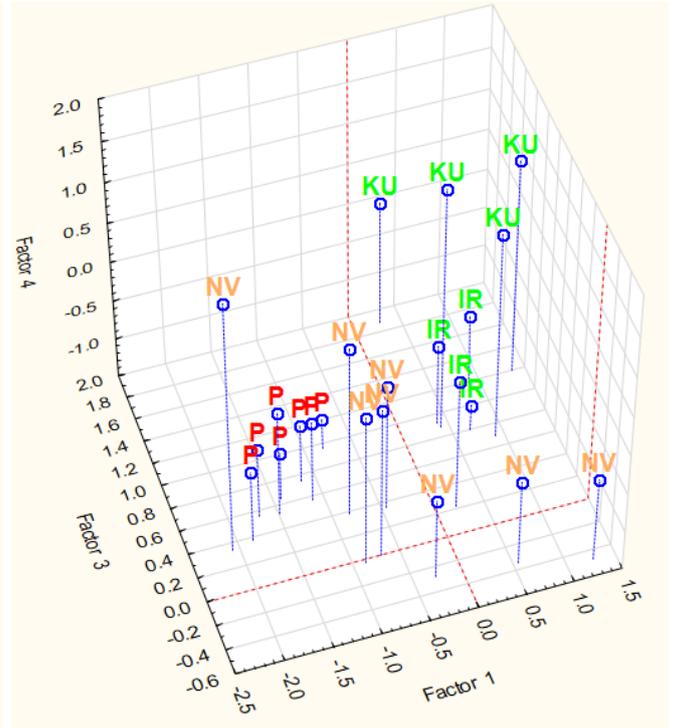
Рассмотрены различные варианты сопоставления среднепалеозойских и меловых золото-серебряных, меловых золото-редкометалльных и полигенных месторождений, среди которых можно выделить ряд диаграмм, наглядно демонстрирующих поведение фигуративных точек – геохимические особенности рудных объектов в факторном пространстве. Так точки составов эпитермальных золото-серебряных (LS) месторождений локализуются в области положительных значений Фактора 1, но четко разделяются по Фактору 2 на группы «отрицательных» среднепалеозойских ОМ – Кубака и Ольча, и «положительных» меловых ОЧВП – Купол и Ирбычан (рис. 66а). Примечательно положение объектов Невенрекан-Перекактненского рудного узла по отношению к меловым золото-серебряным месторождениям Купол и Ирбычан (рис. 66б). Здесь фигуративные точки факторных значений для рудных образцов золото-редкометалльного месторождения Перекактное занимают отчетливо обособленное положение в области отрицательных значений Фактора 1, тогда как точки составов полигенного месторождения Невенрекан распадаются на две группы и находятся, как в поле золото-редкометалльного месторождения Перекактное, так и золото-серебряного Купол и Ирбычан; аналогичная картина наблюдается и в распределении точек составов классического полигенного месторождения Теплое (рис. 66в). Общая диаграмма распределения фигуративных точек факторных значений по всем анализируемым месторождениям (рис. 66г) наглядно демонстрирует различия в геохимических особенностях руд. Так каждый из моногенных объектов образует скученное пространство точек, при этом устанавливается четкое разделение на области, занимаемые золото-серебряными и золото-редкометалльным месторождениями.

Рудные объекты с наложенной минерализацией (полигенного типа) характеризуются широким диапазоном факторных значений; складывается впечатление, что их фигуративные точки разбросаны (хаотично расположены) в трехмерном пространстве диаграммы, однако, анализируя положение точек относительно осей факторов, можно заметить, что одна часть точек приближена к области золото-серебряного типа оруденения, другая – к золото-редкометалльной. Тем самым хаотичное распределение точек факторных значений полигенных месторождений отражает, с одной стороны – нарушенную структуру геохимического поля месторождений, с другой – явление наложения их моногенных (золото-серебряных и золото-редкометалльных) составляющих.

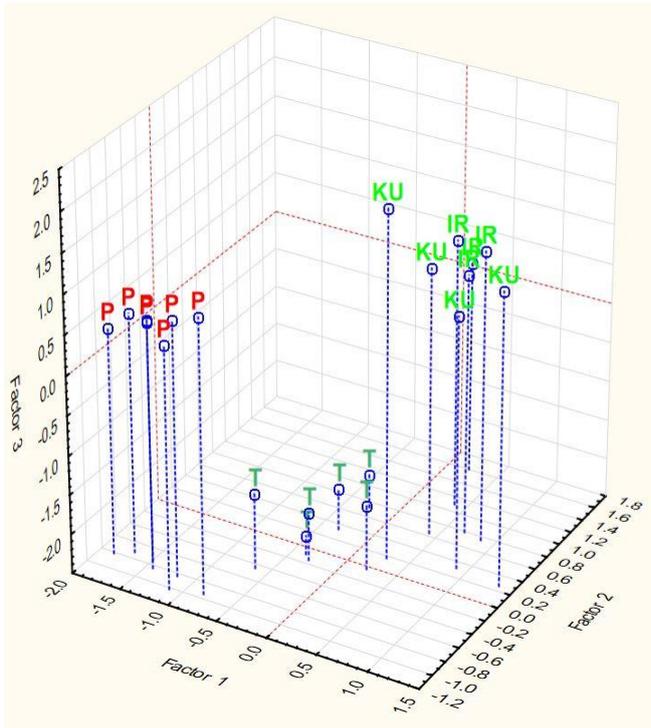
а



б



в



г

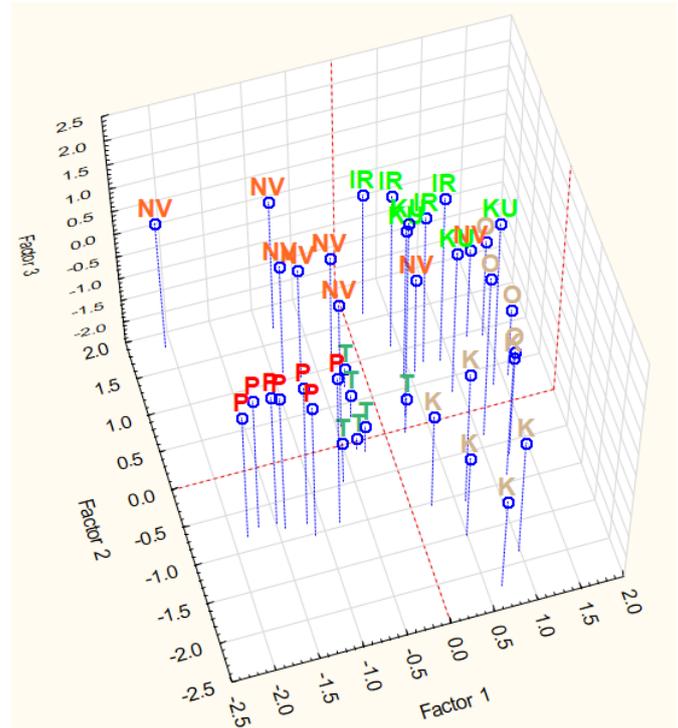


Рис. 66. Трехмерные диаграммы распределения фигуративных точек значений факторных нагрузок по образцам руд месторождений.

а) золото-серебряные: позднемеловые Ирбычан (IR) и Купол (KU), и среднепалеозойские Кубака (K) и Ольча (O);

б) позднемеловые: полигенное Невенрекан (NV), золото-серебряные Ирбычан (IR) и Купол (KU), золото-редкометалльное Перекатное (P);

в) ранне-позднемеловое полигенное Теплое (Т), позднемеловые: золото-серебряные Ирбычан (IR) и Купол (K), золото-редкометалльное Перекатное (P);

г) позднемеловые: полигенное Невенрекан (NV), золото-серебряные Ирбычан (IR) и Купол (KU), золото-редкометалльное Перекатное (P), ранне-позднемеловое полигенное Теплое (T), среднепалеозойские золото-серебряные Кубака (K) и Ольча (O).

Проведенное исследование геохимического состава руд с использованием трехмерных диаграмм показало, что данный метод многомерной статистики факторного анализа может использоваться для выявления моногенных (одноэтапных) объектов, таких как Ирбычан, Перекатное, Купол, Кубака, Ольча, и объектов с наложенной минерализацией – Невенрекан и Теплое. Характер распределения фигуративных точек факторных значений на трехмерных диаграммах – «относительная скученность» для моногенных месторождений и «хаотичность, разброс» для месторождений с нарушенной геохимической структурой, в равной степени отображаются и для разновозрастных объектов, и для объектов, принадлежащих различным рудно-магматическим системам, зонам.

Пример месторождения Невенрекан интересен тем, что его руды имеют сложный вещественный состав, значимо отличающийся от известных золото-серебряных и золото-редкометалльных объектов. Геохимическая зональность рудного поля Невенрекан характеризуется как нарушенная. Примечателен и тот факт, что месторождение входит в состав Эвенского рудного района, для которого установлено два этапа рудообразования – ранний (плутоногенный) золото-редкометалльный (месторождение Перекатное – 89 ± 2 млн лет, Ar-Ar) и поздний (вулканогенный) золото-серебряный эпитеpmальный (месторождение Ирбычан – 82.5 млн лет, Ar-Ar). Установленная в рудах месторождения Невенрекан разнотипная наложенная минерализация позволяет сформулировать 3-е защищаемое положение:

3. Результаты геолого-геохимического изучения рудных полей месторождений Ирбычан, Перекатное и Невенрекан в совокупности с геохронологическими и минералогическими данными показывают моногенное формирование первых двух, в то время как для месторождения Невенрекан установлено сочетание разнотипной минерализации в пределах выявленных рудных тел.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Содержание выполненного исследования представляет анализ геологических, петрологических, минералогических, геохимических и геохронологических данных, полученных автором в ходе разноплановых научных, геолого-разведочных, геолого-съёмочных и др. работ по рудным объектам, расположенным в пределах ключевых для С-В России структур – ОМ и ОЧВП, и обобщения данных предшественников. В процессе достижения поставленной цели – установление закономерностей формирования и размещения мезозойских месторождений золота и серебра на ОМ и его южном обрамлении, с последующей разработкой металлогенических моделей их образования, получены следующие результаты:

1. Строение геологических разрезов в пределах Пенжинского сегмента ОЧВП и Конгинской магматической зоны (разрез руч. Бодрый составлен по авторским материалам) различаются отсутствием в последней вулканогенных накоплений раннемелового возраста, при последующем нарастании объема и площади распространения позднемеловых образований. Сделан вывод о последовательном снижении интенсивности мелового вулканизма в направлении от внутренней зоны ОЧВП, вдоль Конгинской магматической зоны, глубь континента к центральной части ОМ.

2. Химический состав главных и спектры распределения примесных элементов в гранитоидах, слагающих интрузивные тела в пределах Пенжинского сегмента ОЧВП (гармандинский комплекс) и Конгинской РМЗ (викторинский комплекс), имеют сходные характеристики, что подтверждает на геохимическом уровне ранее утвердившееся мнение о принадлежности Конгинской магматической зоны к «оперяющим» структурам ОЧВП. Установленная повышенная щелочность, кремнекислотность и относительно высокие содержания LILE в составе гранитоидов Конгинской РМЗ, предположительно обосновываются удаленностью Конгинской структуры от палеозоны субдукции и вовлечением в процесс выплавления магмы сиалического гнейсового материала фундамента ОМ (Глухов, Прийменко и др., 2022).

3. По материалам авторской коллекции получены U-Pb оценки возраста циркона из гранитоидов, слагающих интрузивные тела на месторождениях Конгинской РМЗ – Захаренко (86.6 ± 1 млн лет), Лабазное (86 ± 2 млн лет), Кустики/Седое (86 ± 1 млн лет), руч. Бодрый (80 ± 2 млн лет), которые совпадают с U-Pb датировками гранитоидов Коркодон-Наяханской РМЗ ($86-84$ млн лет, по Akinin et al., 2020).

4. Анализ имеющейся информации по изотопному датированию (в том числе новейшие авторские данные) гранитоидных интрузий Конгинской и Коркодон-Наяханской РМЗ и Пенжинского сегмента ОЧВП позволил выделить среди них две группы датировок, соответствующие

щих раннему (102-89 млн лет, альб-турон) и позднему (86-77 млн лет, сантон-кампан) этапам развития ОЧВП (по Котляр, Русакова, 2004) или периодам (импульсам) интенсивного магматизма (по Акинин, Миллер, 2011; Тихомиров, 2020). Установлено, что интрузивные тела, отвечающие раннему этапу, сосредоточены преимущественно во внутренней зоне ОЧВП, наложенной на Удско-Мургальский ВП, позднего этапа – во внешней зоне ОЧВП и в границах Конгинской и Коркодон-Наяханской РМЗ. Данное не противоречит ранее установленному асинхронному характеру магматизма – смещению активности с континентальной окраины ОЧВП, вглубь континента по направлению к ОМ (Акинин, 2012; Тихомиров, 2020).

5. Материалами изотопного датирования показано, что ареал развития интрузий викторинского комплекса и сопутствующего оруденения значительно превосходит границы Конгинской магматической зоны, охватывая центральную и южную часть ОМ. Предлагается расширить область Конгинской РМЗ и, вслед за Р.Б. Умитбаевым (1986), выделившим перивулканическую зону в задуговых областях ОЧВП, раздвинуть границы Охотско-Чаунской металлогенической провинции.

6. Систематизация обширного материала по месторождениям и рудопроявлениям золота и серебра региона исследования (включая полевые наблюдения автора) выполнена на основе классификации R.H. Sillitoe и Hedenquist J.W. (2003) и C.J.R. Hart (2007). Выделены золото-серебряные (LS, IS, HS), золото-редкометалльные, медно-молибден-порфиновые и полиметаллические (с золотом и серебром) типы оруденения, сосредоточенные в пределах Пенжинского, Охотского, Центрально- и Восточно-Чукотского сегментов ОЧВП, Конгинской, Коркодон-Наяханской и Омсукчанской РМЗ.

7. Обобщение геологических данных и материалов изотопного датирования меловых магматических образований и сопутствующего оруденения (в том числе новейшие авторские результаты U-Pb по циркону и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования) позволило показать место рудно-магматических систем в эволюционной схеме ОЧВП. Так Конгинская, Коркодон-Наяханская и Омсукчанская РМЗ выделяются значительным преобладанием месторождений серебро-полиметаллического и медно-молибден-порфинового типа, формирование которых связано с поздним этапом эволюции ОЧВП. В границах Эвенского рудного района (Пенжинского сегмента ОЧВП) сосредоточены золото-редкометалльные месторождения, генетически связанные с гранитоидным магматизмом раннего этапа ОЧВП (редко позднего), и преобладающие золото-серебряные (LS) месторождения позднего.

8. По материалам полевых работ, проведенных автором (или с его участием), выполнено детальное описание (геологическое строение, минеральный и вещественный состав руд, геохимические особенности и пр.) месторождений: золото-серебряных Ирбычан, Желты, Туромча и Невенрекан (с наложенной минерализацией различного генезиса), золото-редкометалльного

Перекатное, медно-молибден-порфировых Захаренко и Лабазное, серебро-полиметаллического Кустики/Седое; основываясь на критериях, предъявляемых к золотым и серебряным объектам, сделано заключение о их геолого-генетическом типе.

9. Установлена латеральная зональность мелового рудогенеза в «оперяющих» структурах ОЧВП, выраженная в последовательном снижении объема редкометалльного и золото-редкометалльного оруденения и смене металлогенической специализации рудно-магматических зон от Омсукчанской (Sn-Ag-Pb-Zn) на западе, через Коркодон-Наяханскую (Au-Mo-Sn) к Конгинской (Au-Mo-Pb) на востоке. Геодинамическим отражением может служить постепенное уменьшение мощности осадочного чехла в направлении от Омсукчанского (Балыгычано-Сугойского) прогиба к центральной части ОМ – Юкагирской глыбе, где фундамент приближен к эрозионной поверхности (Гагиева, Жуланова, 2011). Поперечная зональность находит отражение в уменьшении ширины Конгинской, Коркодон-Наяханской и Омсукчанской РМЗ и снижении интенсивности геологических процессов, в том числе рудообразующих, в направлении от ОЧВП на север к ОМ (Кузнецов, 2005).

10. Основные рудные объекты исследования находятся в границах Эвенского рудного района, сочетающего в своем составе разнотипное оруденение, связанное с различными рудно-магматическими системами – золото-серебряные эпиптермальные Ирбычан, Сопка Кварцевая, Ороч, Дальнее, золото-серебряное алунит-кварцевое Туромча, золото-редкометалльные Перекатное, Инач и Аханджа, а так же полигенное (эпиптермальное золото-серебряное, наложенное на золото-редкометалльное) месторождение Невенрекан.

Получены первые данные о возрасте руд золото-редкометалльного месторождения Перекатное – 89 ± 2 млн лет, и золото-серебряных руд Невенрекана – 79.4 ± 1 млн лет. Сопоставление геологических данных и материалов изотопного датирования по рудным объектам Эвенского района позволило выделить два этапа рудообразования, связанных с двукратным проявлением магматизма ОЧВП – ранний (плутоногенный, около 91 млн лет) золото-редкометалльный (месторождение Перекатное), генетически связанный с гранитоидным магматизмом (гармандинский комплекс) раннего этапа ОЧВП, и поздний (вулканогенный, 83-78 млн лет) золото-серебряный эпиптермальный (Невенрекан, Дальнее, Сопка Кварцевая, Ирбычан, Кегали), вероятно парагенетически связанный с «верхними» платобазальтами позднего этапа ОЧВП (Берман, 1970), с интрузиями андезит-риолитового ряда уйканского комплекса.

Сделан вывод о том, что становление и функционирование гидротермально-магматической системы, продуцирующей золото-серебряное эпиптермальное оруденение Эвенского рудного района, приурочено к этапу локальных растяжений ОЧВП (Akinin et al., 2016) и составляет не более 2 млн лет – от излияния кислых вулканитов хайчанской толщи, излияния

базальтов уйканской толщи и внедрения комагматических субвулканических тел дацитов и риолитов.

11. Результатами минералогического изучения установлено, что золото-серебряные руды месторождения Невенрекан имеют сложный вещественный состав, отличный от известных золото-серебряных (LS) месторождений Эвенского рудного района. Выявлены минералы, указывающие на плутоногенное происхождение руд – эпидот, аргентогаленит, борнит, канфилдит, станин, касситерит, матильдит, самородный свинец. Геохимический спектр руд – Au-Ag-Se-Sb-As-Sn-Te-Bi, характеризует Невенрекан как оруденение нетипичное, со значительным содержанием элементов редкометалльного профиля – Bi, Sn, Te. Пространственное распределение индикаторных элементов свидетельствует о нарушенной зональности в пределах рудного поля Невенрекана. Впервые показано, что месторождение Невенрекан сочетает разнотипную минерализацию – раннюю (плутоногенную) золото-редкометалльную и наложенную на нее позднюю (вулканогенную) золото-серебряную эпитермальную.

12. По материалам геологических наблюдений и данных изотопного датирования составлена идеализированная геолого-событийная модель формирования Невенрекан-Перекактенского рудного узла.

13. На примере трехмерных диаграмм факторного анализа (метод многомерной статистики) показано поведение индикаторных химических элементов разнотипных месторождений. Для месторождения Невенрекан отмечается, при общем хаотичном распределении фигуративных точек факторных значений, закономерное разделение на области значений, присущих золото-серебряным и золото-редкометалльным объектам. Предложенный метод предлагается к использованию при комплексном изучении месторождений со сложным геохимическим составом руд.

В процессе написания текста диссертации оказались затронутыми вопросы, выходящие за рамки поставленных задач; многие из них относятся к дискуссионным, требующим дополнительных целенаправленных, в ряде случаев узкоспециализированных, исследований. К таковым, прежде всего, относится проблема возраста, объема и вариаций состава стратифицированных вулканогенных толщ (свит), составляющих меловые разрезы ОЧВП и оперяющих его структур. Нередко оценки возраста, полученные материалами изотопного датирования (в том числе прецизионных методов U-Pb по цирконам и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ по мономинеральным фракциям), входят в противоречие с Серийными легендами. Подобные вопросы возникают и при обращении к интрузивным и вулканическим комплексам, в особенности, связанным с рудогенными процессами.

Актуальным остается вопрос о структурной принадлежности гранитоидных интрузий пвов Тайгонос, Кони и Пьягина, несущих медно-молибден-порфировое оруденение. Материа-

ми предыдущих работ установлено, что в пределах данных структурных элементов вулканогенные образования Охотско-Чукотского и предшествующего Удско-Мургальского ВП находятся в сложных взаимоотношениях – накладываются друг на друга (Тихомиров, 2020). По результатам изотопного датирования период формирования рудоносных гранитоидных тел (104-94 млн лет) приходится на нижнюю границу ОЧВП, что в равной степени позволяет рассматривать их в составе Охотско-Чукотского или Удско-Мургальского ВП (Кони-Тайгоносское звено, по Русакова, 2009), либо как фрагмент ископаемой (реликтовой) самостоятельной островной дуги в составе сложно устроенного Охотского тектоно-магматического пояса, по (Устиев, 1959, 1963).

Обращает внимание двухэтапное гомодромное развитие магматизма и сопутствующего ему оруденения ОЧВП; этапы разделяются маркирующими терригенно-осадочными породами, в том числе конгломератами, что позволяет рассматривать каждый из этапов как самостоятельный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамович И.И., Вознесенский С.Д., Маннафов Н.Г. Геодинамическая эволюция и металлогения Охотско-Колымского сегмента Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Тихоокеанская геология. 2001. Т. 20, № 2. С. 3-12.
2. Акинин В.В. Позднемезозойский и кайнозойский магматизм и преобразование нижней коры в северном обрамлении Пацифики. Автореф. дис. докт. геол.-мин. наук. М., 2012. 35 с.
3. Акинин В.В., Савва Н.Е., Петров А.Н., Альшевский А.В., Тюкова Е.Э. Подготовка рекомендаций по планированию прогнозно-поисковых работ на золото-серебряное и другие виды оруденения в пределах зоны влияния регионального геофизического профиля 2-ДВ. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2007. 162 с.
4. Акинин В.В., Глухов А.Н., Ползуненков Г.О., Альшевский А.В., Алексеев Д.И. Возраст эпитермального золото-серебряного оруденения на месторождении Кубака (Омолонский кратонный террейн, Северо-Восток России): геологические и изотопно-геохронологические (U-Pb, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) ограничения. Тихоокеанская геология. 2020, Т. 39, № 1, С. 37-47.
5. Акинин В.В., Томсон Б., Ползуненков Г.О. U-Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование магматизма и минерализации на золоторудных месторождениях Купол и Двойное // Изотопное датирование геологических процессов: новые результаты, подходы и перспективы: материалы VI Российской конф. по изотопной геохронологии. СПб: ИГГД РАН, 2015. С. 19-21.
6. Акинин В.В., Колова Е.Е., Савва Н.Е., Горячев Н.А., Маматюсупов В.Т., Кузнецов В.М., Альшевский А.В., Ползуненков Г.О. Возраст гранитоидов и ассоциирующего молибден-порфирирового оруденения Коркодон-Наяханской зоны, Северо-Восток России // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2019. № 4. С. 3-8.
7. Акинин В.В., Миллер Э.Л. Эволюция известково-щелочных магм Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Петрология. 2011. № 3. С. 249-290.
8. Акинин В.В., Смирнов В.Н., Федоров П.И., Ползуненков Г.О., Алексеев Д.И. Палеогеновый вулканизм северного Приохотья // Петрология. 2022. С. 40-59 doi: 10.1134/S0869591122010039.
9. Алексеенко А.В., Коробейников С.В., Сидоров В.А. Новые данные о медно-молибден-порфирировом оруденении в пределах Омолонского массива // Рудные формации Северо-Востока СССР. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1990. С. 157-162.

10. Аникеев Н.П., Титов В.А. Основные черты геологического строения и металлогении Охотско-Чаунского вулканогенного пояса // *Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР*. Вып. 18. Магадан, 1966. С. 5-12.
11. Антошин А.Ф. Куксин В.И., Милентьева В.А. ТЭО постоянных разведочных кондиций золотосеребряных руд месторождения «Сопка-Кварцевая» с подсчетом запасов. Магадан, ООО «Рудник кварцевый», 2010. Т.1. 27 с.
12. Белоглазов Е.В., Усов П.Л., Сапрыкин В.И. Отчет о работе Ибычанского поискового отряда в междуречье Гижиги-Аханджи в 1976-78 гг. Эвенск, СЭГРЭ, 1978. 227 с.
13. Белоусов В.И., Рычагов С.Н., Фазлуллин С.М., Кузьмин Ю.Д., Исидоров В.А., Белоусова С.П. Кремнезем в высокотемпературных гидротермальных системах областей современного вулканизма // *Экологическая химия*. 1998. Т. 7. Вып. 3. С. 200-216.
14. Белый В.Ф. Геология Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1994. 76 с.
15. Белый, В.Ф. Стратиграфия и структуры Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Москва: Наука, 1977. 171 с.
16. Белый В.Ф. Формации и тектоника Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Наука, 1978. 216 с.
17. Белый В.Ф., Ефимова А.Ф., Паракецов К.В. Нижний мел северо-восточной части Охотско-Чукотского вулканического пояса // *Советская геология*. 1965. № 10. С. 97-109.
18. Белый В.Ф., Николаевский А.А., Тильман С.М., Шило Н.А. Тектоническая карта Северо-Востока СССР (масштаб 1:2 500 000). Тр. СВКНИИ Сиб. отд. АН СССР, 1964. Вып. 11. С. 3-28.
19. Белый В.Ф., Тильман С.М. О тектоническом положении и природе Охотско-Чукотского вулканического пояса // *Рудоносность вулканогенных образований Северо-Востока и Дальнего Востока*. Тез. Докл. Совещ. Магадан, 1965. С. 13-15.
20. Белый В.Ф., Тильман С.М. Тектоника и история развития Охотско-Чукотского вулканического пояса // *Геотектоника*. 1966. №2. С. 83-94.
21. Берман Ю.С. Типы, условия формирования и поисковые признаки золото-серебряного оруденения северо-восточной части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Авторф. на соискание ученой степени канд. геол.-мин. наук. М.: ЦНИГРИ, 1970. 26 с.
22. Бобровников В.А., Гринфельд В.М. Отчет о гравиметрической съемке масштаба 1:200 000 в пределах юго-западной части Эвенской вулканческой дуги Охотско-Чукотского вулканогенного пояса в 1973 г. (Туромчинский отряд). Эвенск, СЭГРЭ, 1973. С. 145.
23. Болдырев М.В., Яранцева Л.М. Хивачское рудное поле – один из нетрадиционных для Северо-Востока типов серебро-полиметаллического оруденения // *Материалы по геологии*

и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Вып. 27. Магаданское книжное издательство, 1991. С. 276-278.

24. Котова И.К., Булдаков И.В. Факторный анализ при исследовании геологических систем: Элементарные основы факторного анализа. Принципы интерпретации его результатов. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2009. 48 с.

25. Бурзайкин В.В. Отчет о групповой геологической съемке масштаба 1:50 000 с общими поисками и геологическим доизучением (Конгинская партия). Сеймчан, СГРЭ, 1991, Кн. 1. 231 с, Кн. 2. 193 с., Кн. 3. 12 с., Кн. 4. 60 с., Кн. 5. 28 с.

26. Вержак В.А. Дупляк И.И. Отчет о работе Перекатного поискового отряда 1:10000 в междуречье Вархалам-Хитандя в 1975-76 г. Эвенск, СЭГРЭ, 1977. с. 119.

27. Волков А.В., Савва Н.Е., Сидоров А.А., Колова Е.Е., Чижова И.А., Алексеев В.Ю. Эпитермальное золото-серебряное месторождение Аган и перспективы выявления минерализации высокосульфидизированного типа на Северо-Востоке Азии // Геология рудных месторождений. 2015. Т. 57. №1. С. 25-47.

28. Волков А.В., Сидоров А.А. Прогнозно-поисковая модель месторождений золота, связанных с интрузивами гранитоидов Арктической зоны России // Арктика: экология и экономика. 2018. №3(31). С. 84-99. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-3-84-99.

29. Волков А.В., Сидоров А.А., Савва Н.Е., Колова Е.Е., Мурашов К.Ю. Геохимические особенности палеозойских Au-Ag эпитермальных месторождений (Северо-Восток России) // ДАН. 2017. Т. 472. № 4. С. 443-448.

30. Волков А.В., Сидоров А.А., Савва Н.Е., Прокофьев В.Ю., Колова Е.Е. Перспективы открытия на Северо-Востоке России богатых золото-редкометалльных месторождений // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2015. № 4. С. 16–27.

31. Волков А.В., Шишакова Л.Н., Демин А.Г. Особенности прогрессивного рудообразования на золото-серебряном месторождении Нявленга // ДАН СССР. 1991. Т. 320. №4. С. 934-940.

32. Волков А.В., Черепанова Н.В., Прокофьев В.Ю., Савва Н.Е., Смильгин С.В., Трубкин Н.В., Алексеев В.Ю. Месторождение золота в гранитоидном штоке Бутарный (Северо-Восток России) // Геология рудных месторождений. 2013. Том 55. № 3. С. 214-237.

33. Ворошилов А.А., Нищанский Г.М. Геолого-геофизические критерии локализации золото-серебряного оруденения в пределах Эвенского рудного района. Эвенск, СЭГРЭ, 1978. с. 194.

34. Габак И.Ю., Гагиев М.Х., Ликман В.Б. Отчет о групповой аэродесантной геологической съемке масштаба 1:50 000 и поискам месторождений золота и других полезных ископаемых

емых в бассейнах рек Кедона, Туманной и Захаренко (Захаренковский отряд). Сеймчан, СГРЭ, 1980. 370 с.

35. Гагиев М.Х. Средний палеозой Северо-Восточной Азии. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1996. 120 с.

36. Гагиева А.М., Жуланова И.Л. Геохронометрия среднепалеозойских вулканитов Омолонского массива: сопоставление K-Ar, Rb-Sr, U-Pb данных, геологическая интерпретация (Северо-Восток Азии) // Тихоокеанская геология. 2011. Т.30. № 3. С. 3-19.

37. Гамянин Г.Н. Минералого-генетические аспекты золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозоид. М.: ГЕОС, 2001. 222 с.

38. Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Бахарев А.Г., Колесниченко П.П., Зайцев А.И., Диман Е.Н., Бердников Н.В. Условия зарождения и эволюция гранитоидных золото-рудно-магматических систем в мезозоидах Северо-Востока Азии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. 196 с.

39. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1–2. 981 с.

40. Геология СССР. Т. 30. Северо-Восток СССР. Геологическое описание. М.: Недра, 1970. Кн. 1. 548 с.; Кн. 2. 536 с.

41. Глухов А.Н. Алуни-кварцевые эпитеpmальные месторождения золота России и стран СНГ: открытия последних лет и перспективы выявления на Северо-Востоке Азии // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2011. № 3. С. 7-17.

42. Глухов А.Н. Магматические ассоциации и металлогения Хурчан-Оротуканской рифтогенной структуры (Северо-Восток России) // Руды и металлы. № 5. 2009. С. 12-17.

43. Глухов А.Н. Региональная геологическая позиция, структура и минералого-геохимическая зональность золото-серебряного месторождения Купол (Чукотский автономный округ) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2008. № 3. С. 34-45.

44. Глухов А.Н., Котов А.Б., **Приименко В.В.**, Сальникова Е.Б., Иванова А.А., Плоткина Ю.В., Федосеенко А.М. Гранитоиды Конгинской зоны Омолонского массива (Северо-Восток России): состав пород, возраст и геодинамическая обстановка формирования // Геотектоника. 2022. № 2. С. 81–94 (1.80 п.л., авторский вклад – 30%). DOI: 10.31857/S0016853X22020023. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 2.224.

Glukhov A. N., **Priymenko V. V.**, Kotov A. B. [et al.] Granitoids of the Kongo Magmatic Zone of the Omolon Massif (Northeastern Russia): Rock Composition, Age, and Geodynamic Setting // Geotectonics. 2022. Vol. 56, No. 2. P. 178-190. DOI: 10.1134/S0016852122020029. (1.60 п.л., авторский вклад – 30%). SJR 2023: 0.378.

45. Глухов А.Н., **Прийменко В.В.**, Котов А.Б., Акинин В.В., Сальникова Е.Б., Ползунов Г.О. Новые данные о возрасте Конгинской зоны Омолонского террейна (Северо-Восток Азии) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. Якутск, 2021а. С. 31-32.
46. Глухов А.Н., **Прийменко В.В.**, Котов А.Б., Фомина М.И., Акинин В.В., Сальникова Е.Б. Металлогения Конгинской зоны Омолонского террейна (Северо-Восток Азии) // Тектоника, глубинное строение и минерализация Востока Азии. Материалы всероссийской конференции XI Косыгинские чтения. «Хабаровск, 2021б. С. 76-78.
47. Глухов А.Н., **Прийменко В.В.**, Самсонов А.А. Возраст и тектоническая позиция эпитеермального золотого оруденения Омолонского массива (Северо-Восток Азии) // Вестник Московского университета. Серия Геология. 2021. № 6. С. 61–69 (0.97 п.л., авторский вклад – 30%). DOI: 10.33623/0579-9406-2021-6-61-69 Импакт-фактор РИНЦ 2023: 0,298.
- Glukhov A. N., **Priymenko V. V.**, Samsonov A. A. The Age and Tectonic Position of Epithermal Gold Mineralization of the Omolon Massif (Northeast Asia) // Moscow University Geology Bulletin. 2022. Vol. 77, No. 1. P. 61-70. DOI: 10.3103/S0145875222010057. (0.9 п.л., авторский вклад – 30%). SJR 2023: 0.238.
48. Глухов А.Н., **Прийменко В.В.**, Фомина М.И. Золото-серебро-полиметаллическое оруденение Конгинской зоны Омолонского террейна (Северо-Восток Азии) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. Якутск, 2021г. С. 158-159.
49. Глухов А.Н., **Прийменко В.В.**, Фомина М.И. Порфирово-эпитеермальные системы Омолонского террейна (Северо-Восток Азии) // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит. Материалы V Всероссийской научной конференции. Владивосток, 2021д. С. 145-146.
50. Глухов А.Н., **Прийменко В.В.**, Фомина М.И., Акинин В.В. Металлогения Конгинской зоны Омолонского террейна (Северо-Восток Азии) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2021. № 2. С. 3–16. ВАК/МГУ (1.87 п.л., авторский вклад – 30%). DOI: 10.34078/1814-0998-2021-2-3-16. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 0.33.
51. Глухов А.Н., Фомина М.И., Колова Е.Е. Золотая минерализация Штокового рудного поля (Магаданская область) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2021ж. № 1. С. 13-29.
52. Горячев Н.А. Удско-Мургальская магматическая дуга: геология, магматизм, металлогения // Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России: сб. науч. тр. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2005. С. 17-38.

53. Горячев Н.А., Волков А.В., Сидоров А.А., Гамянин Г.Н., Савва Н.Е., Округин В.М. Au-Ag- оруденение вулканогенных поясов Северо-Востока Азии // Литосфера. 2010. №3. С. 36-50.
54. Горячев Н.А., Егоров В.Н. Раннепалеозойское золото-кварцевое оруденение юга Омолонского рудного района // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий. Т.2 Металлогения. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. С. 165-167.
55. Горячев Н.А., Егоров В.Н., Савва Н.Е., Кузнецов В.М., Фомина М.И., Рожков П.Ю. Геология и металлогения фанерозойских комплексов юга Омолонского массива. Владивосток: Дальнаука, 2017. 312 с.
56. Горячев Н.А., Савва Н.Е., Колова Е.Е., Глухов А.Н., Михалицына Т.И., Малиновский М.А., Семышев Ф.И. Специфика раннемелового оруденения Охотско-Корякского пояса // Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений. Материалы докладов научной конференции. М.: ИГЕМ РАН, 2013. С. 79.
57. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Чукотская. Лист Q-59-Марково. Объясн. зап. Составители: Е.П. Исаева, Т.В. Звезда, Е.И. Лазарева, К.Н. Мазуркевич, П.Г. Падерин. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2017. 432 с.
58. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Чукотская. Лист Q-59 – Марково. Объяснительная записка / Авт. Г.М. Малышева, Е.П. Исаева, Ю.Б. Тихомиров, Б.В. Вяткин; гл. науч. ред. И. М. Мигович. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 226 с. + 1 вкл.
59. Гринберг Г.А. Позднемезозойские формации гранитоидов Северо-Востока СССР // Магматизм Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1973. С. 9-26.
60. Гундобин Г.М., Захаров М.Н., Смирнов В.Н., Кравцова Р.Г. Новые данные по геохронологии магматических формаций Эвенской вулканической зоны Охотско-Чукотского пояса и связанной с ними рудной минерализации // Геохронология гранитоидов Монголо-Охотского пояса. М.: Наука, 1980. С. 145-156.
61. Гусаров Б.М., Гусарова Г.А. и др. Отчет по геологической съемке и поискам м-ба 1:200 000 на территории листов Q-57-XXXIII, XXXIV. Сеймчан, 1971. 387 с.
62. Диденко А.Н., Ханчук А.И. Смена геодинамических обстановок в зоне перехода Тихий океан – Евразия в конце раннего мела // Доклады академии наук. 2019. Т. 487. №4. С. 405-408.
63. Диденко А.Н., Ханчук А.И. Смена геодинамической обстановки конвергентной границы на трансформную в зоне перехода Тихий океан – Евразия в середине мела; причины,

следствия // Проблемы тектоники континентов и океанов. Материалы LI Тектонического совещания. Ответственный редактор К.Е. Дегтярев. Т. 1. М.: Издательство ГЕОС, 2019. С. 186-190.

64. Дэвис Дж.С. Статистический анализ данных в геологии / пер. с англ. В.А. Голубевой; под ред. Д.А. Родионова. В 2-х кн. М.: Недра, 1990. Кн. 1. 319 с.; Кн. 2. 427 с.

65. Евдокимов А.Н., Фокин В.И., Шануренко Н.К. Золото-редкометалльное и сопутствующее оруденение западной части острова Большевик, архипелаг Северная Земля // Записки Горного института. Том 263. 2023. С. 687-697.

66. Егоров А.Г. Отчет о групповой геологической съемке масштаба 1:50 000 с общими поисками на площади листов Р-57-5-А,Б,В,Г; Р-57-6-А,Б,В,Г; Р-57-7-А,Б (Верхне-Кедонская партия). Сеймчан, СГРЭ, 1989. Кн. 1. 286 с.; Кн. 2. 287 с., Кн. 3. 13 с.

67. Егоров В.Н. Строение, магматизм и металлогения среднего палеозоя юга Омолонского массива (Магаданская область). Автореферат дисс. канд. геол.- мин. наук. Магадан, 2004. 36 с.

68. Егоров В.Н., Шерстобитов П.А., Ермоленко В.Г., Грищенко Ш.Г. Отчет по ГДП-200 на площади листов Р-57-III, IV, V (новая серия) Южно-Омолонская партия. Магадан, ФГУП "Магадагеология", 2002 г. В 5-и книгах. 830 с.

69. Еремин Р.А. Гидротермальный метаморфизм и оруденение Арманской вулканоструктуры // Труды Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института АН СССР. Новосибирск, 1974. Вып. 43. 134 с.

70. Животнев А.Я., Литовченко З.И. Структурная позиция Ирбычанского рудопроявления // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. 1977. Кн. 1. № 23. С. 162-167.

71. Жуланова И.Л. Земная кора Северо-Востока Азии в докембрии и фанерозое. М.: Наука, 1990. 304 с.

72. Жуланова И.Л. Опыт изучения и картографирования дорифейских кристаллических образований Северо-Востока России: прошлое, настоящее, перспективы // Чтения памяти академика К. В. Симакова. Материалы докладов Всероссийской научной конференции. Магадан, 2017. С. 44-47.

73. Жуланова И.Л., Русакова Т.Б. Гранитоидные комплексы в складчатых зонах мезозой к югу от Омолонского срединного массива: возраст и тектоника // Наука Северо-Востока России – начало века. Материалы Всероссийской научной конф. посвящ. памяти акад. К. В. Симакова и в честь его 70-летия. Магадан: СВНИЦ ДВО РАН, 2005. С. 82-86.

74. Жуланова И.Л., Русакова Т.Б., Котляр И.Н. Геохронология и геохронометрия эндогенных событий в мезозойской истории Северо-Востока Азии. СВКНИИ ДВО РАН. М.: Наука, 2007. 358 с.

75. Загрузина И.А. Геохронология мезозойских гранитоидов Северо-Востока СССР. М.: Изд-во Наука, 1977. 279 с.
76. Звездов В.С. Модели меднопорфировых рудно-магматических систем и месторождений для прогноза, поисков и оценки. Автореферат докторской диссертации. М. 2022. 53 с.
77. Звездов В.С. Обстановки формирования и критерии прогноза крупных и сверхкрупных медно-порфировых месторождений // Геология и охрана недр. 2019. № 4 (73). С. 4-19.
78. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Моралёв В.М. Глобальная тектоника, магматизм и металлогения. М.: Недра, 1976. 231 с.
79. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. А.П. Григорян, М.Ф. Кузин, А.П. Соловов. М.: Недра.1983. 191 с.
80. Ишков Б.И. Отчет о результатах разведочных работ на месторождении Дальнее (с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2012 г.). Магадан, ООО «ОЗРК», 2012. Т.1. Кн.1. 94 с.
81. Кара Т.В., Лучицкая М.В., Катков С.М., Белоусова Е.А. Позднеюрско-раннемеловая вулcano-плутоническая ассоциация Олойского пояса Западной Чукотки: уран-свинцовые SIMS и LA-ICP-MS данные // Вестник СПбГУ. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 64. № 3. С. 421-433. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.303>.
82. Караваева Н.И. Отчет по теме 1097: Изучение стратиграфии верхнего палеозоя и триаса в западной части Гижигинского прогиба и на его сочленении с Омолонским массивом для целей геологического картирования. Магадан, ЦКТЭ, 1989. 229 с.
83. Картавичус А.В., Болдырев М.В. Изучение гидротермально-измененных пород Туромчинского района в связи с золото-серебряным оруденением. (Окончательный отчет по теме № 801). Магадан, 1970. 85 с.
84. Коваленкер В.А., Борисенко А.С., Прокофьев В.Ю., Сотников В.И., Боровиков А.А., Плотинская О.Ю. Золотоносные порфирово-эпитеpмальные рудообразующие системы: особенности минералогии руд, флюидный режим, факторы крупномасштабного концентрирования золота // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении. Тезисы докладов Международного совещания. Новосибирск: Академическое издательство «Геос», 2006. С. 103-104.
85. Колова Е.Е., Глухов А.Н., Акинин В.В., Ползуненков Г.О., Аленичева А.А., **Прийменко В.В.**, Касаткин Н.С., Шпикерман В.И. Возрастные рубежи формирования медно-порфирового оруденения Охотско-Чаунской металлогенической провинции // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Материалы докладов XI Международной научно-практической конференции. Москва: ЦНИГРИ, 2022. С. 101-104.

86. Костырко Н.А. Некоторые критерии поисков золото-серебряных месторождений на примере Туромчинской рудной зоны // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан: Кн. изд-во, 1977. Вып.23. Кн. 1. С. 156-162.
87. Костырко Н. А., Пляшкевич Л. Н., Болдырев М. В. Строение и вещественный состав рудных зон Эвенского рудного поля // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. 1974. № 21. С. 87-94.
88. Костырко Н.А., Романенко И.М. К минералогии одного из близповерхностных золото-серебряных месторождений Северо-Востока СССР. // В сб. Минералогия и геохимия рудных месторождений Северо-Востока СССР. Труды СВКНИИ, Магадан, 1978. С. 55-68.
89. Котляр И.Н. Возраст золотых руд месторождения Кубака // Магматизм и метаморфизм Северо-Востока Азии. Материалы IV регионального петрографического совещания по Северо-Востоку России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. С. 156-159.
90. Котляр И.Н., Русакова Т.Б. Меловой магматизм и рудоносность Охотско-Чукотской области: геолого-геохронологическая корреляция. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2004. 159 с.
91. Котляр И.Н., Караваева Н.И., Милов А.П., Умитбаев Р.Б. Раннекарбонный магматизм и оруденение Омолонского массива // Магматические и метаморфические комплексы Северо-Востока СССР и составление Госгеолкарты-50. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН СССР, 1988. 186 с.
92. Котляр И.Н., Жуланова И.Л., Русакова Т.Б., Гагиева А.М. Изотопные системы магматических и метаморфических комплексов Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. 319 с.
93. Котляр И.Н., Савва Н.Е., Умитбаев Р.Б. Геологическое строение, магматизм и оруденение Анмандыканской вулканической зоны (нижнее течение р. Мал. Ауланджа). Промежуточный отчет по разделу «Магматизм, тектоника и глубинное строение континентальных окраин северо-запада Тихоокеанского тектонического пояса». Магадан, СВКНИИ, 1986. 103 с.
94. Кравцова Р.Г. Геохимия и условия формирования золото-серебряных рудообразующих систем Северного Приохотья. Новосибирск: Академическое издательство «Геос», 2010. 292 с.
95. Кравцова Р.Г., Дриль С.И., Алмаз Я.А., Татарников С.А., Владимирова Т.А. Первые данные по Rb–Sr возрасту и изотопному составу золото-серебряных руд месторождения Дальнего (Эвенский рудный район, Северо-Восток России) // Доклады Академии Наук. 2009. Т.428. № 2. С. 240-243.
96. Кравцова, Р.Г., Дриль С.И., Макшаков А.С. Возраст и изотопный состав золото-серебряных месторождений и рудопроявлений Эвенской группы (Охотско-Чукотский вулкано-

генный пояс, Северо-Восток России) // Тихоокеанская геология. 2023. Т. 42. № 6. С. 131-147. DOI 10.30911/0207-4028-2023-42-6-131-147.

97. Кравцова Р.Г, Макшаков А.С., Павлова Л.А. Минералогия и состав, закономерности распределения и особенности формирования рудной минерализации золото-серебряного месторождения Роговик (Северо-Восток России) // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 10. С. 1739-1759.

98. Кривцов А.И., Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Минина О.В. Меднопорфировые месторождения. Серия: Модели месторождений цветных и благородных металлов. М.: ЦНИГРИ, 2001. 232 с.

99. Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования / Под ред. Д. В. Рундквиста. М.: ИГЕМ РАН, 2004. 430 с.

100. Кудиенко В.Н. Отчет о результатах поисковых работ на рудопроявлении Захаренко. Магадан, Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды по Маг. обл., ОАО «ОЗРК», 2002. 124 с.

101. Кузнецов В.М. Металлогеническое районирование территории Охотско-Колымского водораздела в свете закономерностей делимости земной коры // Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России // Сборник научных трудов. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2005. С. 60-77.

102. Кузнецов В.М. Разнопорядковые структуры тектоно-магматической активизации в Верхояно-Чукотской складчатой области // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2006. № 2. С. 2-12.

103. Кузнецов В.М. Схема тектонического районирования Охотско-Колымского водораздела. Масштаб 1:1 000 000. ФГУП «Магадангеология», 2001.

104. Кузнецов В.М., Акинин В.В., Бяков А.С. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-57 – Эвенск. Объяснительная записка / Минприроды России, Роснедра, ФГБУ «ВСЕГЕИ». СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2022. 519 с. + 11 вкладок

105. Кузнецов В.М., Гагиев М.Х., Дылевский Е.Ф., Михайлова В.П., Палымская З.А., Шашурина И.Т., Шевченко В.М., Шпикерман В.И. Геологическая карта и карта полезных ископаемых Колымо-Омолонского региона. Масштаб 1:500 000. Объяснительная записка. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 270 с.

106. Кузнецов В.М., Палымская З.А., Шашурина И.Т., Михайлова В.П., Кошкарёв В.Л. Металлогеническая карта Колымо-Омолонского региона. Масштаб 1:500 000. Объяснительная записка. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. 190 с.

107. Кумачев К.С., Белоглазов Е.В., Кочаток Д.В. Отчет о детальных поисках и прогнозной оценке на золото и серебро участка «Невенрекан» (Невенреканский поисковый отряд 1977-78). Эвенск, СЭГРЭ, СВПО, 1979. 96 с.
108. Лазович В.М. Отчет о производстве групповой геологической съемки масштаба 1:50 000 с общими поисками и доизучения на площади листов Р-57-31-А, Б, В, Г; Р-57-32-А, Б, В, Г в 1987-1991 гг. Эвенск, Севвостгеолком, 1994. 433 с.
109. Лебедев Е.Л. Стратиграфия и возраст Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Наука, 1987. 175 с.
110. Лейер П.У., Иванов В.В., Раткин В.В., Бандтцен Т.К. Эпитермальные золото-серебряные месторождения Северо-Востока России: первые ^{40}Ar - ^{39}Ar -определения возраста руд // Докл. АН. 1997. Т. 356. № 5. С. 665-658.
111. Леонов В.Л. Структурные условия локализации высокотемпературных гидротерм. М.: Наука, 1989. 104 с.
112. Леонов В.Л., Гриб Е.Н. Структурные позиции и вулканизм четвертичных кальдер Камчатки. Владивосток: Дальнаука, 2004. 189 с.
113. Леонова В.В., Акинин В.В., Гельман М.Л., Глухов А.Н. Характерные особенности петрографии рудовмещающего комплекса золото-серебряного месторождения Купол (Чукотка), новое определение возраста // Чтения памяти академика К. В. Симакова. Тез. докл. Всерос. науч. конф. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2007. С. 94-95.
114. Лычагин П.П., Дылевский Е.Ф. Отчет по теме: Магматические формации Омолонского массива. Магадан, СВКНИИ, 1980. 178 с.
115. Лычагин П.П., Дылевский Е.Ф., Ликман В.Б. Магматизм Омолонского срединного массива // Известия Академии наук СССР. Серия геологическая. 1990. № 7. С. 17-29.
116. Лычагин П.П., Дылевский Е.Ф., Ликман В.Б. Магматизм Омолонского срединного массива. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1987. 44 с.
117. Лычагин П.П., Дылевский Е.Ф., Шпикерман В.И., Ликман В.Б. Магматизм центральных районов Северо-Востока СССР. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 120 с.
118. Макурин В.Н, Власов В.К., Семенов С.Г и др. Отчет о результатах геолого-разведочных работ на Кубакинском месторождении за 1984-1992 гг. с подсчетом запасов по состоянию на 1.12 1992 г. в 6 книгах. Эвенск, СЭГГП, 1993. Кн. 1. 365 с., Кн. 2. 92 с., Кн. 3. 386 с., Кн. 4. 298 с., Кн. 5. 298 с., Кн. 6. 144 с.
119. Маматюсупов В.Т., Михалицына Т.И. Минералого-геохимическая характеристика порфировой системы Аксу // Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России. Материалы III Всерос. конф., посвящ. памяти А.П. Васьяковского и в честь его 105-летия (Магадан, 12–14 окт. 2016 г.). Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2016. С. 164-166.

120. Матвеев В.Т., Шаталов Е.Т. Разрывные нарушения, магматизм и оруденение Северо-Востока СССР // Закономерности размещения полезных ископаемых. Том 1. М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 169-179.
121. Мерзляков В.М., Терехов М.И., Лычагин П.П., Дылевский Е.Ф. Тектоника Омолонского массива // Геотектоника. 1982. С. 74-85.
122. Мерзляков В.М., Терехов М.И., Лычагин П.П. и др. Тектоника, магматизм и металлогения Омолонского массива. Отчет по разделу темы: Тектоника и металлогения центральных районов мезозойд Северо-Востока СССР. Магадан, СВКНИИ, 1981. 455 с.
123. Мигачев И.Ф., Звездов В.С., Минина О.В. Формационные типы меднопорфировых месторождений и их рудно-магматические системы // Отечественная геология. 2022. № 1. С. 26-48.
124. Мигачев И.Ф., Минина О.В., Звездов В.С. Перспективы территории Российской Федерации на медно-порфировые руды // Руды и металлы. № 1. 2015. С. 74-92.
125. Михалицына Т.И., Глухов А.Н., **Прийменко В.В.**, Фомина М.И. Геохимические особенности Au-Ag (Sn) месторождения Невенрекан (ОЧВП, Магаданская область) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Якутск: Издательство дом СВФУ, 2020. С. 262-265.
126. Мишин Л.Ф. Вторичные кварциты и их связь с золоторудной минерализацией месторождения Светлое (Ульинский прогиб, Охотско-Чукотский вулканогенный пояс) // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 30, № 4. С. 32-48.
127. Мишин Л.Ф. Новые данные о возрасте Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (U-Pb SHRIMP датирование) // Изотопное датирование процессов рудообразования, магматизма, осадконакопления и метаморфизма. М.: ИГЕМ РАН, 2006. Т. 1. С. 22–26.
128. Наталенко М.В., Стружков С.Ф., Рыжов О.Б., Вакин М.Е., Ишков Б.И., Гиллес Б., Карчавец В.П., Устинов В.И., Шергина Ю.П. Геологическое строение и минералогия месторождения Биркачан // Руды и металлы. 2002. № 6. С. 37-52.
129. Некрасов И.Я. О причинах совмещения оловянной, серебряной и золотой минерализации в месторождениях Тихоокеанского рудного пояса // Геология рудных месторождений. 1990. № 1. С. 98-104.
130. Некрасова А.Н. Особенности минерального состава руд Карамкенского золото-серебряного месторождения // Геология рудных месторождений. 1972. №3. С. 45-54.
131. Николаев Ю.Н., Бакшеев И.А., Прокофьев В.Ю., Нагорная Е.В., Марущенко Л.И., Сидорина Ю.Н., Читалин А.Ф., Калько И.А. Au-Ag минерализация порфирово-эпитермальных

систем Баймской зоны (Западная Чукотка, Россия) // Геология рудных месторождений, 2016. Т. 58. № 4. С. 319-345.

132. Ньюберри Р.Дж., Лейер П.У., Ганз П.Б., Гончаров В.И., Горячев Н.А., Ворошин С.В. Предварительный анализ хронологии мезозойского магматизма, тектоники и оруденения на Северо-Востоке России с учетом датировок $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и данных по рассеянным элементам изверженных и оруденелых пород // Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики. Труды Всероссийского совещания. В 2-х томах. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. Т. 1. С. 181-205.

133. Обручев С.В. Материалы для тектоники Северо-Восточной Азии // Проблемы советской геологии. 1934а. Т. 2. № 6. С. 182-200.

134. Обручев С.В. Материалы для тектоники Северо-Восточной Азии // Проблемы советской геологии. 1934б. Т. 2. № 7. С. 3–16.

135. Обручев С.В. Тектоника Северо-Восточной Азии // Труды 17-й сессии Междунар. геол. конгр. 1937. М.: ГОНТИ, 1940. Т. 5. С. 211-218.

136. Оловоносность Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (Геологическое районирование и закономерности размещения оруденения) / Под ред. С.Ф. Лугова. Москва: Недра, 1974. 183 с.

137. Осипов А.П., Сидоров А.А. Особенности и перспективы золото-редкометалльной формации // Новые данные по геологии Северо-Востока СССР. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1973. Вып. 55. С. 163-173.

138. Павлов В.А., Яшухин О.И. Влияние фундамента на эволюцию магматизма зон орогенной активизации // Известия Академии наук СССР. 1989. № 2. С. 28-38.

139. Павлов Г.Ф., Савва Н.Е., Хорин Г.И., Теплых В.И., Товма И.Т., Жарихин К.Г., Буляков Г.Х. Самородное серебро в россыпях Северо-Востока СССР // Минералы и минеральные парагенезисы пород и руд Северо-Востока СССР. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 77-89.

140. Пак А.М. Порфирировое оруденение Южно-Омолонского рудного района // Колыма, 2002. № 4. С. 14-18.

141. Паньков В.Н. Отчет о результатах поисковых работ на объекте «Лабазный» на площади листов Р-57-8-А-б-2,4; Р-57-8-Б-а,б; Р-57-8-Б-в-2; Р-57-8-Б-г-1,2 (Лабазный поисковый отряд). Эвенск, СЭГРЭ, 1990. Кн. 1. 261 с, Кн. 2. 228 с.

142. Парфенов Л.М. Континентальные окраины и островные дуги мезозойского Северо-Востока Азии. Новосибирск: Наука, 1984. 192 с.

143. Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгаков А.Н. Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Нюклеберг У., Прокопьев А.В., Тимофеев

В.Ф., Томуртоого О., Янь Х. Модель формирования орогенных поясов центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 7-41.

144. Пачерский Н.В., Кряжев С.Г., Наумов Е.А., Десятова Д.Ю., Двуреченская С.С., Самойленко М.В. Новые данные по золото-редкометалльному оруденению Центрально-Колымского золотоносного района: возраст, условия образования, состав, рудоконтролирующие факторы // Руды и металлы. 2021. № 2. С. 68-89. DOI 10.24411/0869-5997-2020-10011.

145. Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Изд-во СПб картографической фабрики ВСЕГЕИ, 1999. 116 с.

146. Петров О.В., Киселёв Е.А., Молчанов А.В., Шатов В.В., Зубова Т.Н., Терехов А.В., Белова В.Н., Кашин С.В., Семёнова В.В., Соболев А.Е., Соловьёв Н.С., Шамахов В.А. Карта закономерности размещения золото-медно-порфировых месторождений России масштаба 1: 2 500 000 (на основе комплектов Государственных геологических карт масштаба 1: 1 000 000 третьего поколения) // Региональная геология и металлогения. № 84. 2020. С. 5-24.

147. Петров О.В., Киселёв Е.А., Шпикерман В.И., Змиевский Ю.П. Прогноз размещения месторождений золото-медно-порфирового типа в вулcano-плутонических поясах восточных районов России по результатам работ составления листов Госгеолкарты-1000/3 // Региональная геология и металлогения. 2019. № 80. С. 50-74.

148. Петров О.В., Михайлов Б.К., Шевченко С.С., Розинов М.И., Колесников Д.И., Лохов К.И., Прасолов Э.М., Прилепский Э.Б., Бережная Н.Г., Матуков Д.И., Капитонов И.Н., Быкова Э.В., Сергеев С.А. Изотопно-геохимические исследования уникального золото-серебряного месторождения Дукат как ключ к пониманию процессов вулканогенного рудообразования // Региональная геология и металлогения. 2006. №27. С. 60-76.

149. Печниковский А.А. ТЭО постоянных разведочных кондиций для подсчета запасов золота и серебра на месторождении Ороч с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2010 г. Магадан: ОАО «Полиметалл», ОАО «ОЗРК», 2011. Т.1. 124 с.

150. Подолян Е.И., Бороздин А.П. Особенности минерального состава и обогатимости золото-серебряных руд участка Невенрекан (Магаданская область) // Материалы V Междунар. конф. молод. ученых и спец-в памяти акад. А.П. Карпинского. СПб.: ВСЕГЕИ, 2017. С. 284-287.

151. Показаньев В.П., Вялов А.Г., Пчелинцева Р.З. Вопросы металлогении Абкитского плутона // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Вып. 25. Магадан: Магаданское книжное издательство, 1980. С. 130-137.

152. Политов В.К. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Магаданская. Лист Р-57-XVI. Объяснительная записка. Магадан. 1981. 101 с.

153. Политов В.К., Стружков С.Ф. Анализ геологической обстановки и оценка перспектив выявления домезозойского золотого оруденения в центральной части Омолонского массива. Отчет по теме 52 за 1999-2000 гг. М., ЦНИГРИ, 2000. Кн. 1. 13 с.; Кн. 2. 108 с.

154. Попов В.С. Геология и генезис медно- и молибден-порфировых месторождений. М.: Наука, 1977. 203 с.

155. **Прийменко В. В.** Перспектива выявления Au-Ag (\pm Cu)-алунит-кварцевых месторождений: прогнозно-поисковая программа на примере восточной части Магаданской области // Практика геологов на производстве. Материалы VII всероссийской студенческой научно-практической конференции. Ростов-на-Дону - Таганрог, 2022. С. 20-23.

156. **Прийменко В.В.**, Акинин В.В., Глухов А.Н., Травин А.В., Ползуненков Г.О. Позднемеловое Au-Ag оруденение Эвенского рудного района. // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит. Материалы V всероссийской научной конференции. Владивосток, 2021а. С. 176-179.

157. **Прийменко В.В.**, Глухов А.Н. Позднемеловой окраинно-континентальный рифтогенез и Au-Ag адуляр-серицитовое оруденение (Северо-Восток Азии) // Тектоника и геодинамика земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2022. Материалы LIII Тектонического совещания. Москва: ГЕОС, 2022. Т. 2. С. 117-121.

158. **Прийменко В.В.**, Глухов А.Н. Полиформационность рудных месторождений и эпиптермальное Au-Ag оруденение (Северо-Восток Азии) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. Якутск, 2021а. С. 101-104.

159. **Прийменко В.В.**, Глухов А.Н. Проблемы оптимизации поисковых работ // Разведка и охрана недр. 2021б. № 8. С. 3-9.

160. **Прийменко В.В.**, Глухов А.Н., Акинин В.В., Котов А.Б., Кузнецов А.Б., Сальникова Е.Б., Ползуненков Г.О. Позднепалеозойский окраинно-континентальный рифтогенный магматизм Омолонского кратонного террейна и эпиптермальное Au-Ag оруденение (Северо-Восток Азии) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. Якутск, 2021б. С. 98-100.

161. **Прийменко В.В.**, Глухов А.Н., Акинин В.В., Фомина М.И., Михалицына Т.И., Пономарчук А.В., Ползуненков Г.О. Золото-серебряное вулканогенно-плутоногенное месторождение Невенрекан (Магаданская область, Россия): вмещающие породы, околорудные метасоматиты, возраст и вещественный состав руд // Вулканология и сейсмология. 2022. № 1. С. 54–72. (2.56 п.л., авторский вклад – 60%). DOI: 10.31857/S0203030622010059. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 1.246.

Priyenko V. V., Glukhov A. N., Akinin V. V. [et al.] The Nevenrekan Gold–Silver Volcanogenic–Plutonogenic Deposits, Magadan Region, Russia: Host Rocks, Host-Rock Metasomatites, Age, and Material Composition of the Ores // *Journal of Volcanology and Seismology*. 2022. Vol. 16, No. 1. P. 49-66. DOI 10.1134/S0742046322010055. (2.4 п.л., авторский вклад – 60%). SJR 2023: 0.295.

162. **Прийменко В.В.,** Глухов А.Н., Михалицына Т.И., Фомина М.И. Особенности эпитеpмального Au-Ag (Sn) месторождения Невенрекан Эвенского рудного района (Магаданская область) // Форум "Наука Северо-Востока России: фундаментальные и прикладные исследования в Северной Пацифике и Арктике". Материалы докладов юбилейной конференции, посвященной 60-летию СВКНИИ им. Н.А. Шило ДВО РАН. 2020а. С. 126-128.

163. **Прийменко В.В.,** Глухов А.Н., Фомина М.И., Михалицына Т.И. Геолого-минералогическая характеристика эпитеpмального Au-Ag месторождения Невенрекан (ОЧВП) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции: В 2-х томах. Т. 1. 2019а. С. 80-82.

164. **Прийменко В.В.,** Глухов А.Н., Фомина М.И., Михалицына Т.И. Интрузивный этап развития вулканоструктуры и Au-Ag оруденения на примере месторождения Невенрекан (Магаданская область, Россия) // *Вулканология и сейсмология*. 2020. № 5. С. 13–25 (1.75 п.л., авторский вклад – 70%). DOI: 10.31857/S0203030620050041. Импакт-фактор РИНЦ 2023: 1.246.

Priyenko V. V., Glukhov A. N., Fomina M. I., Mikhalitsyna T. I. The Intrusive Phase in the Evolution of a Volcanic Structure and of Au–Ag Low Sulfidation Mineralization: The Nevenrekan Deposit, Magadan Region, Russia // *Journal of Volcanology and Seismology*. 2020. Vol. 14, No. 5. P. 292-304. DOI 10.1134/S0742046320050048. (1.6 п.л., авторский вклад – 70%). SJR 2023: 0.295.

165. **Прийменко В. В.,** Глухов А. Н., Фомина М. И., Акинин В.В., Михалицына Т.И., Соцкая О.Т. Возраст, геология и вещественный состав золото-редкометалльного месторождения Перекатное (Магаданская область) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции. Якутск, 2022б. С. 230-232. DOI 10.52994/9785751332846_2022_47.

166. **Прийменко В.В.,** Глухов А.Н., Фомина М.И., Михалицына Т.И. Региональная геологическая позиция, структура и особенности Au-Ag месторождения Невенрекан (Магаданская область) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции: В 2-х томах. Т. 1. 2019б. С. 83-86.

167. **Прийменко В.В.,** Поздеева Е.С. Отчет по результатам геологического изучения Туромчинской площади. Магадан, ООО «ОЗРК», 2022. Кн. 1. 116 с.

168. **Прийменко В.В.,** Ползуенков Г.О., Акинин В.В., Рыжкович Е.В. Модель образования Вархаламского рудного узла: новые данные (Россия, Магаданская область) // Научная

молодежь – Северо-Востоку России. Материалы IX Межрегиональной конференции молодых ученых. Магадан: ИП Занорин И.В., 2023а. С.27-28.

169. **Прийменко В.В.**, Ползуенков Г.О., Бердников Н.В., Акинин В.В. Два импульса гранитоидного магматизма Туромчинской вулcano-тектонической депрессии: первые данные U-Pb и Ar-Ar возраста // Научная молодёжь – Северо-Востоку России : материалы IX Межрегиональной конференции молодых учёных. Магадан: ИП Занорин И. В., 2023б. С. 29-31.

170. **Прийменко В.В.**, Фомина М.И., Глухов А.Н., Михалицына Т.И. Рудные минералы Au-Ag месторождения Ирбычан: влияние фундамента на состав эпitherмальной минерализации // Материалы VIII Межрегиональной конференции молодых ученых, приуроченной к 60-летнему юбилею СВКНИИ им. Н.А. Шило ДВО РАН. Магадан. 2020в. С. 28-31.

171. Решения Третьего межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и мезозою Северо-Востока России (ред. Корень Т.Н., Котляр Г.В. 2009). СПб: ВСЕГЕИ. 268 с.

172. Розинов М.И., Колесников Д.И. Рудоформирующая система уникального серебряного месторождений Дукаат // Региональная геология и металлогения. 2002. №15. С. 109-119.

173. Розинов М.И., Колесников Д.И., Шергина Ю.П. Возраст оруденения на серебряном месторождении Дукаат по данным Rb-Sr-метода // Геология рудных месторождений. 2004. №6. С. 524-539.

174. Рундквист Д.В. Фактор времени при формировании гидротермальных месторождений: периоды, эпохи, этапы и стадии рудообразования // Геология рудных месторождений, 1997. Т. 39. № 1. С. 11-24.

175. Русакова Т.Б. Меловой магматизм Северо-Восточного Приохотья: геолого-геохронологическая корреляция // Автореферат диссертации. Владивосток: 2009. 43 с.

176. Русакова Т.Б. Меловой вулканизм Северо-Восточного Приохотья: новые данные // Вулканизм и геодинамика. Материалы III Всерос. симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Улан-Удэ, 2006. С. 305-309.

177. Русакова Т.Б. Отчет о проведении исследований по объекту «Ревизионные работы на перспективных золото-серебряных объектах Южно-Омолонского рудного района в 1994-96 гг. Эвенск, «Севвостгеолком», 1996. 90 с.

178. Русакова Т.Б., Коньков С.Л. Отчет на проведение поисковых и поисково-оценочных работ на рудопроявлении Елочка в 1990-1993 гг. Эвенск, СЭГГП, 1994. 188 с.

179. Савва Н.Е. Минералогия серебра Северо-Востока России. СВКНИИ ДВО РАН. М.: Издательство Триумф, 2018. 544 с.

180. Савва Н.Е. Отчет по теме: Минералогические особенности руд месторождения Кубака. Магадан, СВКНИИ, 1986. 50 с.

181. Савва Н.Е., Брызгалова И.А., Тюкова Е.Э. Олово-порфировая формация Прикараменья // Вестник СВНЦ ДВО РАН, 2009. №4. С. 2-14.
182. Савва Н.Е., Ведерников Н.В. Новый тип серебряной минерализации на Северо-Востоке СССР // Геохимия и минералогия рудных месторождений Северо-Востока СССР. Магадан: СВКНИИ ДВО АН СССР, 1989. С. 86-97.
183. Савва Н.Е., Волков А.В., Сидоров А.А., Колова Е.Е., Мурашов К.Ю. Эпитермальное Au-Ag месторождение Приморское (Северо-Восток России): геологическое строение, минералого-геохимические особенности и условия рудообразования // Геология рудных месторождений. 2019. № 1. С. 52-74.
184. Савва Н.Е., Ртищева Л.И., Рочева В.К. Типы золоторудной минерализации в пределах Конгинской гряды (Северо-Восток России) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. 1–3 апреля 2014 г. Якутск, 2014. С. 419-423.
185. Садилов А.В., Лапковский А.В., Муслимов А.В. и др. Отчет о результатах поисковых геофизических работ в пределах рудопроявления «Перекатное» в 2006-2007 гг. Эвенский ГФО. Магадан. 2008. 185 с.
186. Самойлов В.С., Ярмолук В.В. Континентальный рифтогенез: типизация, магматизм, геодинамика // Геотектоника. № 1. 1992. С. 3-20.
187. Сахно В.Г., Григорьев Н.В., Курашко В.В. Геохронология и изотопно-геохимическая характеристика магматических комплексов золотосеребряных рудно-магматических структур Чукотского сектора арктического побережья России // Доклады Академии наук. 2016. Т. 468. № 3. С. 297. DOI 10.7868/S0869565216150214
188. Сидоров А.А. Золото-серебряная формация Восточно-Азиатских вулканогенных поясов. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1978. 350 с.
189. Сидоров А.А. Рудные формации и эволюционно-исторический анализ благороднометалльного оруденения. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 246 с.
190. Сидоров А.А., Волков А.В., Савва Н.Е. Вулканизм и эпитермальные месторождения // Вулканология и сейсмология. 2015. №6. С. 3-12.
191. Сидоров В.А., Волков А.В., Прокофьев В.Ю., Савва Н.Е. О «корнях» Au-Ag-эпитермального оруденения на примере Пауковского рудного поля Детринского рудного района (Северо-Восток России) // Доклады Академии Наук РАН. 2009. Т. 425. № 3. С. 361-366.
192. Сидоров А.А., Савва Н.Е., Ишков Б.И., Волков А.В., Степанов В.А., Шишакова Л.Н. Возраст эпитермального золото-серебряного оруденения на месторождении Кубака (Омолонский кратонный террейн, Северо-Восток России): геологические и изотопно-

геохронологические (U-Pb, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) ограничения // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40. № 2. С. 90-97. DOI 10.30911/0207-4028-2021-40-2-90-97.

193. Скорняков П.И. Систематика золоторудных месторождений Северо-Востока СССР // Материалы по геологии и полезных ископаемых Северо-Востока СССР, Магадан, 1949, вып. 4. С. 52-62.

194. Соколов С.В. Структуры аномальных геохимических полей и прогноз оруденения. СПб: Мин-во природных ресурсов РФ, Комитет природных ресурсов Амурской области, ГПП «Амургеология». СПб: 1998. 154 с.

195. Соколов С.Д. Аккреционная тектоника Корьяско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса. М.: Наука, 1992. 182 с.

196. Солдатов В.А., Мальцева Н.А., Грищенко Ш.Г. и др. Отчет о поисках новых рудных тел и геологическом доизучении центральной части Туромчинской рудной зоны (1977-79 гг.). Эвенск, 1980. 220 с.

197. Соловов Р.В., **Прийменко В.В.**, Ползуненков Г.О., Танченко М.А., Самсонов А.А., Рыжкович Е.В. К вопросу о полиформационности золото-серебряного месторождения Карамкен (Россия, Магаданская область) // Научная молодёжь - Северо-Востоку России. Материалы IX Межрегиональной конференции молодых учёных. Магадан: ИП Занорин И.В., 2023. С. 34-35.

198. Соловьёв В.Ю., **Прийменко В.В.**, Ползуненков Г.О., Гагиева А.М. Возраст медно-молибден-порфирирового рудопроявления Лабазное и вмещающих гранитоидов викторинского комплекса Омолонского массива (Северо-Восток Азии) // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит. Материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием. Владивосток. 2023. С. 326-330.

199. Соцкая О.Т., Михалицына Т.И., Савва Н.Е., Горячев Н.А., Маматюсупов В.Т., Семьшев Ф.И., Малиновский М.А. Рудно-метасоматическая зональность молибден-порфирировой системы Аксу (Северо-Восток Азии) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2021. № 3. С. 3-17.

200. Соцкая О.Т., Семьшев Ф.И., Малиновский М.А., Альшевский А.В., Ливач А.Э., Горячев Н.А. Пирит зон сульфидизации терригенных комплексов Яно-Колымского орогенного пояса (Северо-Восток России): генерации, типохимизм, минеральные ассоциации // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2022. № 1. С. 14-30. DOI 10.34078/1814-0998-2022-1-14-30.

201. Степанов В.А. О геологическом и изотопном возрасте золоторудных месторождений на примере золото-серебряного месторождения Кубака (Северо-Восток России) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2021. № 1. С. 3-12.

202. Степанов В.А., Шергина Ю.П., Шкорбатова Г.С., Шишакова Л.Н., Рублев А.Г. Возраст руд Кубакинского месторождения золота (Омолонский массив) // Тихоокеанская геология, 1998. Т. 17. № 5. С. 89-97.
203. Степанов В.А., Шишакова Л.Н. Кубакинское золото-серебряное месторождение. Владивосток: Дальнаука, 1994. 195 с.
204. Стрешневский В.С., Абумуслимов А.Х. Отчет о результатах геохимической съёмки масштаба 1:50 000 на междуречье Большая Гарманда и Вархалам (Геохимический отряд. 1982-1985 гг.). Северо-Восточное ПГО, Северо-Эвенская ГРЭ, Эвенск. 1985. 234 с.
205. Стружков С.Ф., Константинов М.М. Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Научный мир, 2005. 320 с.
206. Таусон Л.В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. М.: Мир, 1977. 280 с.
207. Тейлор С.Р. и Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
208. Тектоника континентальных окраин северо-запада Тихого океана / Под редакцией М.С. Маркова, Ю.М. Пушаровского, С.М. Тильмана, В.С. Федоровского, Н.А. Шило. М.: Наука, 1980. 286 с.
209. Терехов М.И. Стратиграфия и тектоника южной части Омолонского массива. М.: Наука, 1979. 116 с.
210. Терехов М.И., Дорогой В.Н. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Серия Омолонская. Лист Р-57-V. Объяснительная записка. М. 1984. 100 с.
211. Терехов М.И., Лычагин П.П., Мерзляков В.М. и др. Объяснительная записка к геологической карте междуречья Сугоя, Коркодона, Омолона, Олоя и Гижиги масштаба 1:500 000. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1984. 144 с.
212. Тильман С.М., Белый В.Ф., Николаевский А.А., Шило Н.А. Тектоника Северо-Востока СССР. Объяснительная записка к тектонической карте Северо-Востока СССР масштаба 1:2 500 000. Магадан: Труды СВКНИИ СО АН СССР, 1969. 79 с.
213. Титли С.Р., Бин Р.Э. Медно-порфиновые месторождения. Геологическая позиция, петрология и тектоногенез // Генезис рудных месторождений. М.: Мир, 1984. Т. 1. С. 247-278.
214. Тихомиров П.Л. Меловой окраинно-континентальный магматизм Северо-Востока Азии и вопросы генезиса крупнейших фанерозойских провинций кремнекислого вулканизма. М.: ГЕОС, 2020. 376 с.
215. Тихомиров П.Л., Акинин В.В., Исполатов В.О., Александер П., Черепанова И.Ю., Загоскин В.В. Возраст северной части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса: новые дан-

ные Ar-Ar и U-Pb геохронологии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2006. Т. 14. № 5. С. 67-81.

216. Травин А.В., Юдин Д.С., Владимиров А.Г., Хромых С.В., Волкова Н.И., Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б. Термохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхонский регион, Западное Прибайкалье) // Геохимия. 2009. Т. 11. С. 1181-1199.

217. Умитбаев Р.Б. Охотско-Чаунская металлогеническая провинция (строение, рудоносность, аналоги). М.: Наука, 1986. 287 с.

218. Умитбаев Р.Б. Строение и природа Омсукчанской впадины (Северо-Восток СССР) // Геология и геофизика. 1983. № 8. С. 56-62.

219. Умитбаев Р.Б., Юдин С.С. Вулкано-плутонические формации и ассоциации Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. В кн.: Глубинное строение, магматизм и металлогения Тихоокеанских вулканических поясов. Владивосток, 1976. С. 96-98.

220. Усачев Н.А., Волков С.В., Родионов В.И., Стружков С.Ф., Наталенко М.В., Райхлин А.И., Тюрин В.В. Отчет «Опытно-методические работы по геолого-экономической оценке и развитию минерально-сырьевой базы Магаданской области». Магадан: ООО «Проспектор», ООО НПП «Северо-Восток экология. В 16-и кн. 2007. 1582 с.

221. Усачев Н.А., Ликман В.Б. Отчет о геолого-съёмочных работах масштаба 1:200 000 в бассейне рек Проточная, Мунугуджак и составление листа Р-57-III-IV Государственной геологической карты, карты полезных ископаемых и объяснительной записки к ним за 1976-1986 годы. Хирканджинский отряд. Сеймчан, СГРЭ, 1986. Кн. 1. 303 с.

222. Устиев Е.К. Мезозойский и кайнозойский магматизм Северо-Востока СССР // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Выпуск 4. Магадан, 1949. С. 3-49.

223. Устиев Е.К. Охотский вулканический пояс и связанные с ним проблемы // Проблемы вулканизма. Материалы I Всесоюз. вулканол. совещ. Ереван, 1959. С. 359-361.

224. Устиев Е.К. Охотский структурный пояс и проблемы вулкано-плутонических формаций // Проблемы магмы и генезиса изверженных пород. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 161-182.

225. Устиев Е.К. Проблемы вулкано-плутонических формаций и связанных с ними рудных месторождений // Проблемы вулканизма. Материалы ко II Всесоюз. вулканол. совещ. Петропавловск-Камчатский: Отд. Дальневосточного кн. изд-ва, 1964. С. 172-175.

226. Устиев Е.К., Сперанская И.М. Галька охотских гранитоидов в верхнемеловых конгломератах Арманского района // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Выпуск 7. Магадан, 1949. С. 31-41.

227. Фадеев А.П. Магнетитовые скарны ручья Хрустального (Омолонский массив) // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Выпуск 21. Магаданское книжное издательство, 1974. С. 319-321.
228. Фадеев А.П., Розенблюм И.С., Сосунов Г.М., Кузнецов В.М. Зоны тектономагматической активизации мезозойд Северо-Востока СССР и их рудоносность // Металлогения и рудные формации зоны перехода континент-океан. Магадан: СВКНИИ ДВО АН СССР, 1990. С. 142-150.
229. Фаррар Э. Термальное перерождение гранитоидных пород Охотско-Чукотского вулканогенного пояса в палеогене по результатам $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования // Тихоокеанская геология. 1992. № 1. С. 109-114.
230. Филатова Н.И. Периокеанические вулканогенные пояса. М.: Наука, 1988. 264 с.
231. Филиппова Г.Г., Абрамова Л.Н. Позднемеловая флора Северо-Востока России. М.: Недра, 1993. 333 с.
232. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению Геология, специальность Геология. М.: ООО "Издательский дом КДУ", 2005. 567 с.
233. Хомич В.Г., Иванов В.В., Фатьянов И.И. Типизация золото-серебряного оруденения. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 292 с.
234. Хубанов В.Б., Буянтуев М.Д., Цыганков А.А. U-Pb изотопное датирование цирконов из PZ₃-MZ магматических комплексов Забайкалья методом магнитно-секторной масс-спектрометрии с лазерным пробоотбором: процедура определения и сопоставление с SHRIMP данными // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 1. С. 241-258.
235. Чернявский А.Г, Захаренков В.Ф., Чайцын А.В., Сухина Р.С. Отчет о результатах геологической съемки масштаба 1:50 000 на объекте «Джольский». Джольский геологосъемочный отряд, 1976-1977 гг. Эвенск, СЭГРЭ, 1979. Кн. 1. 606 с.
236. Черняев Е.В., Черняева Е.И. Структура и условия локализации золотого оруденения Кубакинского рудного поля // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых Сибири. Известия Томского политехнического университета, 2001. Т.304. Вып. 23. С. 225-243.
237. Чехов А.Д. Тектоническая эволюция Северо-Востока Азии (окраинноморская модель). М.: Научный мир, 2000. 204 с.
238. Чмырев А.В., Дорофеев Д.А. Отчет по теме 419. Графическая модель месторождения Кубака. М., ЦНИГРИ, 1989. 214 с.
239. Шамин В.Н., Крамарев С.П., Тедеев Т.В. и др. Отчет о групповой геологической съемке и поисках месторождений масштаба 1:50 000 в верхнем течении р. Омолон, в бассейне

рек Биркачан, Кубаки и др. (листы Р-57-8-А; Р-57-9-А,Б; Р-57-8-В,Г; Р-57-9-В; Р-57-20-А,Б; Р-57-21-А) за 1983-1987 г. Биркачанский отряд. Сеймчан, СГРЭ, 1987. Кн. 1. 335 с., Кн. 2. 299 с.

240. Шаповалов Н.Г., Мальцев Л.В., Бадя Р.А., Белоглазов Е.В. Отчет об общих поисках на флангах участка Невенрекан (Джекдыканский ПО, 1979-1982 гг.). Эвенск. СЭГРЭ, СВПГО, 1982, 176 с.

241. Шаповалов Н.Г., Везирова Л.Н. Отчет о производстве поисково-оценочных работ на участке Ирбычан и смежных участках Эвенского золото-серебряного месторождения. Эвенск, СВТГУ, СЭКГР, 1980. 187 с.

242. Шашкин В.М. Технико-экономическое обоснование временных разведочных кондиций и подсчет запасов золота месторождения Перекатное (Магаданская область) по состоянию на 01.01.2013 г. В 4-х кн. ООО «Северо-Восточная ГРК», 2013. Кн. 1. Т. 1. 189 с.

243. Шевченко В.М., Симаков К.В. Легенда Омолонской серии Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000. Второе издание. Магадан: СевВостНИЦМИС, 1999. 173 с.

244. Шило Н.А., Гончаров В.И., Альшевский А.В., Ворцепнев В.В. Условия формирования золотого оруденения в структурах Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1988. 181 с.

245. Шило Н.А., Желнин С.Г., Сидоров А.А. Основные закономерности размещения коренных месторождений золота и связь с ними россыпей на Северо-Востоке СССР // Актуальные проблемы геологии золота на Северо-Востоке СССР. Магадан: СВКНИИ, 1972. Вып. 44. С. 23-34.

246. Шило Н.А., Сидоров А.А., Желнин С.Г. Проблемы металлогении золота и перспективы золоторудных месторождений Северо-Востока СССР // Актуальные проблемы геологии золота на Северо-Востоке СССР. Магадан. Труды СВКНИИ, 1972. Вып. 44. С. 27-34.

247. Шпикерман В.И. Домеловая минерагения Северо-Востока Азии. Магадан: СВКНИИ, 1998. 333 с.

248. Шувал-Сергеев М.В., Яковенко М.А. Технико-экономическое обоснование постоянных разведочных кондиций на месторождении Ирбычан с подсчетом запасов по состоянию на 01.10.2017. Магадан, МФ АО «Полиметалл УК», 2017. Т.1. 275 с.

249. Ярмлюк В.В., Коваленко В.И. Рифтогенный магматизм активных континентальных окраин и его рудоносность. М.: Наука, 1991. 263 с.

250. Akinin V.V., Gelman M.L., Sedov B.M., Amato J.M., Elizabeth M.L., Toro J., Calvert A.T., Fantini R.M., Wright J.E., Natal'in B.A. Koolen metamorphic complex, NE Russia: Implications for the tectonic evolution of the Bering Strait region // Tectonics. 1997. V. 6. P. 713-729.

251. Akinin V.V., Layer P., Benowitz J., Ntaflos Th. Age and composition of final stage of volcanism in Okhotsk-Chukotka volcanic belt: An example from the Ola Plateau (Okhotsk segment) //

Proceedings of the international conference on arctic margins VI. pp. Fairbanks, Alaska, 2011. P. 171-193.

252. Akinin V.V., Miller E.L., Gotlieb E., Polzunenkov G.O. Geochronology and geochemistry of Cretaceous magmatic rocks of Arctic Chukotka: An update of GEOCHRON-2.0 // *Geophys. Res. Abstr.* 2012. Vol. 14. EGU20123876.

253. Akinin V.V., Miller E.L., Toro J., Prokopiev A.V., Gottlieb E.S., Pearcey S., Polzunenkov G.O., Trunilina V.A. Episodicity and the dance of late Mesozoic magmatism and deformation along the northern Circum-Pacific margin: NE Russia to the Cordillera // *Earth-Sci. Rev.* 2020. V. 208. Article 103272.

254. Boynton W.V. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteoritic studies. In: *Rare Earth Elements Geochemistry*. Ed. by P. Henderson, (Netherlands, Amsterdam, Elsevier, 1984). P. 63-114.

255. Cathles L.M., Erend A.H.J., Barrie T. How long can a hydrothermal system be sustained by a single intrusive event? // *Economic Geology*, Vol. 92(7-8). P. 766-771. 1997. doi:10.2113/gsecongeo.92.7-8.766.

256. Cathles L.M., Shannon R. How potassium silicate alteration suggests the formation of porphyry ore deposits begins with the nearly explosive but barren expulsion of large volumes of magmatic water // *Earth Planet. Sc. Lett.*, 262. 2007. P. 92-108. DOI: 10.1016/j.epsl.2007.07.029.

257. Cattell R.B. The scree test for the number of factors // *Multivariate Behavioral Research*. 1966. Vol. 1. P. 245-276.

258. Chappel B.W., White A.J.R. Two contrasting granite types // *Pacific Geol.* 1974. N 8. P. 173-174.

259. Claveria R.J.R. Mineral paragenesis of the Lepanto copper and gold and the Victoria gold deposits, Mankayan mineral district, Philippines // *Resource Geology*. 2001, v. 51, P. 97-106.

260. Cole J.W., Milner D.M., Spinks K.D. Calderas and caldera structures // *Earth-Science Reviews*. 2005. V. 69. P. 1-26.

261. Corbett G.J. Structural controls to, and exploration for, epithermal Au-Ag deposits // *Australian Institute of Geoscientists Bulletin*, 56, 2012. P. 43-47.

262. Corbett G.J., Leach T.M. Southwest pacific rim gold-copper systems: structure, alteration, and mineralization. Special publications of the Society of economic geologists. 1998. V.6. P. 258.

263. Davis J.C. Statistics and data analysis in geology. 3-rd edition. Kansas Geological Survey, The University of Kansas. New York. 2002. p. 256.

264. Donogh W.F., Sun S. Composition of the Earth // *Chem. Geol.* 1995. Vol.120. P. 223-253. DOI:10.1016/0009-2541(94)00140-4.

265. Engebretson D., Cox A., Gordon R.C. Relative motions between ocean and continental plates in Pacific basin // *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.* 106. 1985. P. 1-59.
266. Grancea L., Bailey L., Leroy J., Banks D., Marcoux E., Milési J.P., Cuney M, André A.S., Istvan D., Fabre C. Fluid evolution in the baia mare epithermal gold-polymetallic district, Inner Carpathians, Romania: *Mineralium Deposita*, V. 37. 2002. P. 630-647.
267. Guillou-Frottier L., Burov E.B., Mile'si J.P. Genetic links between ash-flow calderas and associated ore deposits as revealed by large-scale thermo-mechanical modeling // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2000. V. 102. P. 339-361.
268. Hart C.J.R. Classifying, Distinguishing and Exploring for Intrusion-Related Gold Systems // *The Gangee*. 2005. Vol. 87. P. 1-9.
269. Hart C.J.R. Reduced intrusion-related gold systems // *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods*, Geol. Association Can., Mineral Deposits Division, Spec. Publ., 5, 2007. P. 95-112.
270. Hart C.J.R., McCoy D.T., Goldfarb R.J. Geology, exploration and discovery in the Tintina gold province Alaska and Yukon // *Society of Econ. Geol. Spec. Publ.* 2002. No. 9. P. 241-274.
271. Hedenquist J.W. Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal systems in the Circum-Pacific Basin: in M.K. Horn, ed. *Transactions of the Fourth Circum Pacific Conference on Energy and Mineral Resources*: Singapore, American Association of Petroleum Geologists. 1987. P. 517-524.
272. Hedenquist J.W., Henley R.W. The importance of CO₂ on freezing point measurements of fluid inclusions: Evidence from active geothermal systems and implications for epithermal ore deposition // *Economic Geology*. 1985. V. 80. P. 1379-1406.
273. Hedenquist J.W., Lowenstern J.B. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits // *Nature*. 1994. V. 370. P. 519-527.
274. Hollister, V.F., Silberman, M.L. Silver-gold and polymetallic quartz veins in the Bodie mining district, east-central California – are they related to a porphyry Cu-Mo system at depth?, in Pierce F.W., Bolm J.G., eds., *Porphyry copper deposits of the American Southwest*: Arizona Geological Society Digest, 1995. No. 20. P. 297-305.
275. Hourigan, J.K. Mesozoic-Cenozoic tectonic and magmatic evolution of the northeast Russian margin [Ph.D. thesis]: Stanford, California, Stanford University, 2003. 257 p.
276. Hu Z., Gao S. Upper crustal abundances of trace elements: A revision and update // *Chem. Geol.* 2008. V. 253. Iss. 3-4. P. 205-221.

277. Jannas R.R., Bowers T.S., Petersen U., Beane R. E. High-sulfidation deposit types in the El Indio district, Chile // Society of Economic Geologists Special Publication. 1999. No. 7, P. 219-266.
278. Kaiser H. F. The Application of Electronic Computers to Factor Analysis // Educational and Psychological Measurement. 1960. Vol. 20. P. 141–151.
279. Kolova E.E., Savva N.E., Glukhov A.N. Au-Ag-S-Se-Cl-Br mineralization at the Corrida deposit (Russia) and physicochemical conditions of ore formation // Minerals. 2021. V. 11. No 2. P. 1-20. DOI 10.3390/min11020144.
280. Krogh T.E. A low-contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination // Geochim. et cosmochim. acta., 1973. V. 37. P. 485-494.
281. Lang J.R., Baker T., Hart C.J., Mortensen J.K. An exploration model for intrusion related gold systems. SEG Newsletter. 2000. No. 40. P. 6-15.
282. Ludwig K.R. User's Manual for Isoplot Version 3.75–4.15: a Geochronological Toolkit for Microsoft Excel // Berkeley Geochronological Center Spec. Publ. 2012. V. 5. P. 1-75.
283. Ludwig, K.R. Isoplot 3.00 A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center. Berkeley. 2003. 70 p.
284. Mao Jingwen, Liu Peng, Goldfarb R.J., Goryachev N.A., Pirajno F., Zheng Wei, Zhou Meifu, Zhao Chao, Xie Guiqing, Yuan Shunda, Liu Min. Cretaceous large-scale metal accumulation triggered by post-subductional large-scale extension, East Asia // Ore Geology Reviews 136. 2021. P. 1-9.
285. Middlemost E.A.K. Naming material in the magma/igneous rock system // Earth-Science Reviews. 1994. V. 37. P. 215-224.
286. Milési J.P., Marcoux E., Nehlig P. Sunarya Y., Surandar A., Felenc J. Cirotan, West Java, Indonesia: A 1.7 Ma hybrid epithermal Au-Ag-Sn-W deposit // Econ. Geol., 1994. Vol. 89. P. 227-245.
287. Pearce J.A., Harris N.B., Tindle A.G. Trace elements discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // Journal of Petrology, 1984. V.25. P. 956-983.
288. Pease V., Drachev S., Stephenson R., Zhang X. Arctic lithosphere – a review // Tectonophysics. 2014. Vol. 625. P. 1-25.
289. Pitcher W.S. Granite Type and Tectonic Environment // Mountain Building Processes. Ed. by K.J. Hsu. Pap. Geol. Surv. Can. 1983. P. 19-40.
290. Podolian E, Shelukhina I, Kotova I. Ag-Bearing Mineralization of Nevenrekan Deposit (Magadan Region, Russia). // 14th International Congress for Applied Mineralogy. Cham: Springer Nature. 2019. P. 127-128. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22974-0_29.

291. Richards J.P., Kerrich R. The Porgera Gold Mine, Papua New Guinea: Magmatic Hydrothermal to Epithermal Evolution of an Alkalic-type Precious Metal Deposit // *Economic Geology*. 1993. V.88. P. 1017-1052.
292. Rogacheva L.I., Baksheev I.A. Mineralogy of metasomatic rocks and geochronology of the Olhovka porphyry copper deposit, Chukotka, Russia, 33rd Ann. General Meet. MDSG, Glasgow: Univ. Glasgow, 2010. P. 39-40.
293. Sillitoe R.H. Characteristics and controls of the largest porphyry copper-gold and epithermal gold deposits in the circum-Pacific region // *Austral. J. Earth Sci.*, 1997, Vol. 44. p. 373-388.
294. Sillitoe R.H. Gold-rich porphyry copper deposits; geological model and exploration implication // *Geological Association of Canada. Sp. Paper*. 1993. Vol. 40. P. 465-478.
295. Sillitoe R.H. Porphyry copper systems. *Economic Geology*. 2010. Vol. 105. P. 3-41.
296. Sillitoe R.H. Relation of metal provinces in Western America to subduction of oceanic lithosphere // *Bulletin Geological Society of America*. 1972. Vol. 83. P. 813-818.
297. Sillitoe R.H., Halls C., Grant J.N. Porphyry tin deposits in Bolivia // *Econ. Geol.*, 70. 1975. P. 913-927.
298. Sillitoe R.H., Hedenquist J.W. Linkages between volcanotectonic setting, ore-fluid composition and epithermal precious-metals deposits // *SEG Special Publication*, 10. 2003. P. 315-343.
299. Sillitoe R.H., Thompson F.N. Intrusion-Related vein gold deposits: types, tectonomagmatic settings and difficulties of distinction from orogenic gold deposits // *Resource geology*. V. 48. №2. 1998. P. 237-250.
300. Stacey J.S., Kramers J.D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by 2-stage model // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1975. Vol. 26. No 2. P. 207-221.
301. Steiger R.H., Jager E. Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1977. Vol. 36. P. 359-362.
302. Tan L.P. The Chinkuashih gold-copper deposits, Taiwan // *Society of Economic Geologists Newsletter*. 1991. No. 7. P. 1, 22-24.
303. Thompson J.F.H., Sillitoe R.H., Baker T. et al. Intrusion-related gold deposits associated with tungsten-tin provinces // *Mineral. Depos.* 1999. Vol. 34. P. 323-334.
304. Thomson B., Pratt W.T., Rhys D.A., Oliver H.S., Halley S.W., Fischl P., Akinin V.V., Dotzov D. The Kupol Epithermal Au-Ag Vein District, Chukotka, Far Eastern Russia // *Economic Geology*. 2022. Vol. 118. No. 1. P. 93-122. DOI 10.5382/econgeo.4957.
305. Voroshin S. V, Newberry R. J., Layer P. W. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of Au-quartz mineralization in the Upper Kolyma Region (Magadan Oblast, Russia) // *Metallogeny of the Pacific Northwest. Tectonics, Magmatism and Metallogeny of Active Continental Margins: Proc. of the Interim IAGOD Conf.* Vladivostok: Dalnauka, 2004. P. 568-571.

306. White N., Hedenquist J. Epithermal gold deposits: Styles, characteristics and exploration // SEG News Letter. 1995. № 23. P. 1-12.

**Приложение А. Химический состав меловых гранитоидных интрузий
и элементный состав руд Конгинской рудно-магматической зоны и
Эвенского рудного района**

Таблица А.1. Химический состава пород, слагающих меловые интрузивные тела Конгинской рудно-магматической зоны и Эвенского рудного района.

п/н образца	1	2	3	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16*	17*	18	19	20	21	22
Порода	монцонит		гранодиорит	диорит	монцодиорит		кв. монцонит		монцонит	диорит	кв. монцонит	монцонит	гранодиорит	габбродиорит	диорит	кв. монцонит	диорит	кв. монцонит	гранодиорит			
SiO ₂	58,61	57,12	60,28	52,91	53,80	53,82	67,28	67,14	58,01	58,16	67,86	61,77	66,62	57,54	62,55	68,73	67,43	62,12	63,13	67,33	62,13	66,87
TiO ₂	0,74	0,75	0,71	1,02	0,88	0,86	0,38	0,38	0,65	0,59	0,47	0,64	0,36	0,74	0,58	0,36	0,26	0,58	0,54	0,39	0,61	0,39
Al ₂ O ₃	16,30	16,73	15,89	17,47	16,03	15,80	15,42	15,12	15,56	17,42	14,68	16,56	15,02	14,38	14,53	15,22	14,34	15,75	15,45	14,87	15,12	15,03
FeO _{общ}	5,78	7,33	5,73	9,35	9,87	10,00	2,51	2,61	5,83	5,58	3,22	5,39	3,31	6,65	4,69	4,02	3,00	4,53	4,58	3,11	5,65	3,20
MgO	0,17	0,08	0,16	0,14	0,13	0,13	0,11	0,11	0,13	0,17	0,08	0,10	0,10	0,12	0,10	0,08	0,05	0,12	0,11	0,06	0,10	0,07
MnO	5,72	5,21	5,07	7,87	6,36	6,31	1,55	1,62	4,34	6,44	2,49	3,81	2,95	6,84	4,69	2,76	2,05	4,41	3,70	2,94	5,04	2,96
CaO	4,00	4,75	3,95	4,27	4,23	4,48	1,73	1,66	2,26	2,25	1,25	2,59	1,71	3,35	3,21	1,03	0,64	3,53	3,34	1,85	3,13	1,94
Na ₂ O	3,98	3,13	3,19	3,21	3,71	3,57	5,60	5,90	4,71	4,16	4,91	2,90	3,69	2,24	2,92	3,89	3,59	2,65	3,98	3,35	3,24	3,22
K ₂ O	3,31	2,90	3,07	1,17	3,01	3,03	3,92	3,79	4,46	1,72	4,00	4,01	4,13	2,96	3,10	3,46	4,64	3,51	3,50	3,94	2,96	3,87
P ₂ O ₅	0,39	0,15	0,21	0,22	0,44	0,43	0,15	0,15	0,28	0,30	0,10	0,20	0,12	0,22	0,17	0,12	0,08	0,20	0,19	0,14	0,23	0,14
П.п.п.	0,98	1,94	1,76	1,90	1,56	1,57	1,40	1,53	3,73	3,26	0,90	2,05	1,92	4,59	3,23	1,40	1,20	2,66	1,48	2,00	1,71	2,30
Сумма	99,98	100,09	100,02	99,53	100,00	99,99	100,04	100,00	99,95	100,05	99,97	100,01	99,93	99,64	99,77	101,07	97,28	100,07	99,99	99,98	99,92	99,99
Cr	26,75	27,75	17,38	187,00	5,10	5,97	4,92	2,39	3,28	1,85	2,08	7,69	5,17	8,82	5,29	392,00	535,00	12,67	10,95	5,63	7,66	10,63
Ni	12,68	10,29	6,15	18,10	7,40	7,27	0,80	1,26	2,04	5,53	0,73	3,44	1,75	5,29	2,45	14,20	18,70	4,75	4,47	4,51	6,46	12,89
Rb	80,74	85,34	59,54	21,60	74,91	73,87	60,51	56,69	94,85	26,04	88,28	97,45	69,88	62,75	71,24	81,30	95,20	73,80	86,77	119,83	61,66	88,12
Cs	2,81	1,93	4,77	2,45	2,55	2,44	0,90	0,74	3,60	0,47	0,69	5,11	2,11	7,23	1,45	1,98	1,56	2,33	2,56	3,00	1,73	1,73
Ba	873,79	997,09	1013,80	523,50	815,62	800,37	1310,77	1260,93	1232,24	1026,01	1124,46	875,72	1113,24	768,18	810,92	735,20	1093,70	807,19	741,93	1201,91	810,56	796,03
Sr	739,20	368,35	501,11	586,70	956,80	957,68	431,54	422,17	501,86	1082,78	301,46	444,89	392,49	482,13	393,61	345,60	333,30	452,68	450,98	276,62	522,69	409,57
Ta	1,00	0,80	0,60	0,05	0,39	0,43	0,62	0,61	0,48	0,75	0,85	0,50	0,74	0,53	0,49	0,05	0,05	0,60	0,63	0,64	0,51	0,76
Nb	11,96	9,18	7,75	5,70	6,20	5,99	9,16	9,26	7,39	9,99	13,72	7,29	9,45	6,80	5,76	8,90	9,30	7,72	8,46	6,62	6,80	8,08
Hf	0,90	2,21	0,88	3,40	1,43	1,33	3,26	3,18	1,78	1,61	5,41	1,46	2,28	2,76	1,68	3,50	4,10	1,54	1,02	1,47	1,37	2,11
Zr	18,68	53,90	19,99	128,00	45,02	41,72	99,82	97,22	52,33	57,74	198,96	40,84	66,60	90,21	48,79	149,00	151,00	43,77	26,73	35,20	40,98	59,62
Y	17,09	27,06	18,74	17,20	18,22	17,37	15,86	15,72	13,34	15,54	24,94	15,37	14,74	17,11	15,18	15,30	15,70	15,43	16,04	14,23	13,18	18,26
Pb	16,18	6,82	7,41	6,40	7,81	7,92	11,27	11,55	11,30	5,68	35,15	9,69	12,83	14,78	12,80	10,40	13,50	14,85	36,92	36,13	8,02	9,81
Th	10,20	9,14	7,55	1,86	3,02	2,78	4,64	4,50	3,35	2,42	7,79	4,78	8,08	7,68	7,67	8,03	10,24	9,03	9,68	6,55	6,61	13,27
U	1,39	1,84	2,01	0,60	0,59	0,54	0,90	0,87	0,70	0,77	2,02	1,15	1,95	2,24	1,69	2,19	2,15	1,97	2,07	1,62	1,44	2,53
La	28,75	32,60	27,90	16,90	30,15	28,33	30,38	38,09	31,34	29,66	42,83	30,24	35,06	27,68	29,62	30,50	34,20	27,57	30,99	25,14	22,95	28,61
Ce	60,15	71,61	58,66	41,20	65,44	60,96	66,34	73,77	61,31	61,91	87,74	60,29	67,57	58,44	59,43	59,00	63,30	58,75	65,06	52,29	47,61	56,70
Pr	7,26	8,83	7,06	5,12	7,99	7,55	7,86	8,48	7,47	7,56	10,30	6,99	7,29	7,11	6,85	6,35	6,52	6,85	7,65	6,08	5,67	6,40
Nd	26,90	30,98	25,54	20,80	30,51	28,98	26,19	27,66	26,30	27,01	35,40	23,75	23,03	25,16	23,00	22,60	21,90	23,54	26,15	21,76	19,85	21,30
Sm	5,31	6,00	4,95	4,60	6,03	5,55	4,37	4,45	4,62	4,76	6,43	4,09	3,68	4,70	3,96	4,22	3,54	4,33	4,70	4,04	3,61	3,74
Eu	1,51	1,51	1,24	1,34	1,78	1,72	1,24	1,27	1,36	1,66	1,38	1,36	1,14	1,34	1,09	0,81	0,71	1,05	1,16	1,26	1,09	0,95
Gd	5,49	6,65	5,46	4,17	6,30	5,89	4,56	4,70	4,87	4,97	6,84	4,50	4,06	4,95	4,28	3,03	2,81	4,48	4,85	4,36	3,80	4,13
Tb	0,72	1,02	0,74	0,56	0,81	0,77	0,62	0,63	0,64	0,67	0,96	0,62	0,55	0,69	0,59	0,45	0,42	0,61	0,66	0,56	0,53	0,58
Dy	3,50	5,27	3,75	3,36	3,91	3,68	3,03	3,03	2,96	3,16	4,70	3,02	2,65	3,31	2,87	2,70	2,66	2,94	3,14	2,81	2,52	2,88
Ho	0,71	1,16	0,77	0,88	0,77	0,73	0,64	0,64	0,57	0,65	1,00	0,64	0,56	0,69	0,61	0,54	0,55	0,61	0,65	0,57	0,52	0,63
Er	1,97	3,16	2,13	1,93	2,07	1,95	1,84	1,83	1,43	1,74	2,76	1,72	1,60	1,91	1,73	1,83	1,73	1,69	1,76	1,61	1,42	1,75
Tm	0,29	0,49	0,31	0,27	0,29	0,28	0,29	0,29	0,20	0,26	0,43	0,26	0,26	0,29	0,27	0,25	0,27	0,26	0,27	0,24	0,22	0,27
Yb	1,76	2,94	1,92	1,81	1,73	1,65	1,82	1,78	1,13	1,59	2,57	1,56	1,62	1,74	1,66	1,83	1,82	1,51	1,60	1,47	1,30	1,58
Lu	0,28	0,48	0,30	0,26	0,26	0,26	0,31	0,31	0,18	0,26	0,43	0,25	0,27	0,29	0,27	0,29	0,28	0,25	0,26	0,24	0,21	0,26
K ₂ O/Na ₂ O	0,83	0,93	0,96	0,36	0,81	0,85	0,70	0,64	0,95	0,41	0,82	1,38	1,12	1,32	1,06	0,89	1,29	1,32	0,88	1,18	0,91	1,20
Сумма REE	144,60	172,70	140,74	103,20	158,05	148,30	149,49	166,92	144,38	145,86	203,77	139,30	149,34	138,31	136,23	134,40	140,71	134,45	148,90	122,42	111,30	129,78
Th/U	7,37	4,96	3,75	3,10	5,09	5,10	5,15	5,18	4,82	3,13	3,86	4,15	4,14	3,43	4,54	3,67	4,76	4,59	4,67	4,04	4,59	5,24
La/Sm	5,42	5,43	5,64	3,67	5,00	5,10	6,96	8,56	6,79	6,23	6,66	7,39	9,52	5,89	7,47	7,23	9,66	6,37	6,59	6,22	6,37	7,65
La/Yb	16,30	11,09	14,56	9,34	17,41	17,13	16,73	21,46	27,71	18,68	16,64	19,38	21,66	15,90	17,79	16,67	18,79	18,23	19,37	17,14	17,65	18,16
Nb/Zr	1,44	0,57	1,28	0,04	0,68	0,69	0,26	0,28	0,14	0,47	0,18	0,58	0,35	0,28	0,47	0,06	0,06	0,54	0,98	0,62	0,48	0,36

Окончание табл. А.1.

п/н образца	23	24	25*	26*	27*	28*	29*	30*	31*	32*	33*	34*	35*	36	37
Порода	габбродиорит	диорит			габбродиорит	монцодиорит	диорит	монзонит		монцодиорит	диорит	гранодиорит	габбро-перидотит	гранит	
SiO ₂	54,95	52,73	58,16	61,42	57,91	56,63	56,48	62,32	62,05	60,44	55,14	57,31	67,50	44,86	73,75
TiO ₂	0,98	1,04	0,56	0,59	0,62	0,97	0,50	0,47	0,51	0,55	0,58	0,74	0,35	1,19	0,16
Al ₂ O ₃	15,80	16,22	15,93	16,67	15,58	17,55	17,13	17,08	15,90	15,37	16,02	16,62	15,81	16,34	18,45
FeO _{общ}	9,98	10,37	5,92	6,62	5,92	8,29	5,92	7,03	5,20	5,17	5,97	5,45	3,91	11,26	0,43
MgO	0,12	0,18	0,13	0,15	0,08	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,13	0,20	0,03
MnO	6,38	7,95	5,06	5,21	3,97	6,65	6,03	5,16	3,39	3,08	3,37	5,04	3,57	10,57	0,61
CaO	4,90	5,11	2,03	2,18	1,88	3,13	1,71	1,87	1,48	1,92	2,00	2,15	0,78	3,92	0,62
Na ₂ O	2,05	3,46	3,08	3,27	2,90	3,50	3,53	2,82	4,02	3,85	5,41	3,97	2,98	2,75	0,98
K ₂ O	2,61	1,59	2,16	2,33	1,82	1,86	1,85	3,05	3,03	3,08	2,14	2,42	2,79	0,92	4,98
P ₂ O ₅	0,28	0,34	0,17	0,17	0,22	0,24	0,19	0,19	0,25	0,26	0,23	0,19	0,13	0,38	0,02
П.п.п.	1,90	0,99	4,0	3,1	3,17	0,90	0,7	1,4	1,05	3,32	3,83	0,4	1,6	7,75	1,94
Сумма	99,94	99,98	97,20	101,71	94,07	99,88	94,18	101,51	96,99	97,14	94,79	94,38	99,55	100,14	101,97
Cr	16,90	20,14	227	337	325	310	394	672	478	128	196	317	562	8,74	1,87
Ni	15,41	12,63	11,8	16,2	12,4	11,7	13	24,6	15,6	5,1	11,3	17,9	23,7	6,72	0,23
Rb	86,44	42,61	43,3	43,7	62,5	44,8	33,3	52	50,4	60,8	37,5	53,6	50,6	11,94	77,48
Cs	9,63	2,03	1,1	0,79	1,23	1,22	0,36	0,87	2,2	3,29	1,37	0,9	2,66	1,20	0,26
Ba	633,33	526,56	804,8	832,9	847,1	701,1	906,8	945,3	1598,2	1504,7	1116,9	766,7	806,8	435,38	457,06
Sr	446,26	538,46	447,9	447,7	555,2	670,1	786,9	690,4	868,5	534,3	787,5	599,8	314,9	859,15	9,56
Ta	0,37	0,39	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,26	0,61
Nb	5,71	5,68	6,3	7	9,3	8,8	5,3	5,4	8,7	8,6	7,8	8,9	9,8	4,16	8,59
Hf	0,35	0,60	3,5	3,4	5,7	4,4	2,6	2,7	5	4,5	4,1	3,7	3,2	1,82	3,40
Zr	9,72	17,11	135	136	213	160	112	127	169	159	138	141	126	62,02	98,36
Y	24,60	21,37	15,7	15,6	22	23,6	16,9	15,8	12,5	16	9,8	14,3	10,8	18,03	9,61
Pb	39,79	23,76	10,1	14	11,3	8,9	5	6,5	10,6	19	8,2	9,4	28,8	2,57	7,16
Th	2,31	2,86	4,28	4,12	3,32	3,73	2,16	2,58	3,46	3,51	2,67	5,62	6,92	0,77	5,59
U	0,28	0,42	1,27	1,19	2	1,08	0,69	0,73	0,83	0,75	0,65	1,19	1,38	0,25	1,58
La	23,60	22,71	24,3	22,3	26,9	27,1	20	16,1	35,3	37,6	24	22,4	27,4	14,04	5,17
Ce	43,72	50,07	45,8	48,6	56,8	54,9	40	32,4	69,9	73,5	50,6	43,4	46,4	30,58	10,25
Pr	6,60	6,38	5,13	4,78	6,67	6,96	4,69	3,97	7,74	8,05	5,77	4,88	4,95	4,36	1,08
Nd	24,64	24,24	19,4	18,3	27,9	30,6	18,4	15,9	30,3	30,1	22,3	17,5	17,2	18,20	3,42
Sm	5,01	4,85	3,63	3,59	5,94	6,07	3,82	3,4	5,09	5,54	4,14	3,71	2,82	4,07	0,66
Eu	1,39	1,48	1,02	1,05	1,23	1,46	1,09	0,99	1,31	1,42	1,23	1,13	0,86	1,54	0,12
Gd	5,68	5,30	3,31	2,82	5,16	5,66	3,14	2,92	3,86	4,14	3,66	3,25	2,4	4,63	0,86
Tb	0,85	0,79	0,43	0,47	0,7	0,89	0,5	0,4	0,56	0,59	0,45	0,51	0,33	0,71	0,21
Dy	4,23	4,00	2,99	2,8	4,06	5,14	2,98	2,74	2,85	3,38	2,35	2,74	1,96	3,63	1,51
Ho	0,89	0,87	0,6	0,58	0,85	1,04	0,62	0,56	0,53	0,57	0,46	0,53	0,37	0,79	0,40
Er	2,29	2,34	1,73	1,88	2,49	2,8	1,8	1,73	1,35	1,6	1,13	1,55	1,04	2,06	1,31
Tm	0,32	0,35	0,23	0,26	0,39	0,38	0,3	0,23	0,2	0,23	0,15	0,23	0,16	0,31	0,25
Yb	1,75	2,05	1,65	1,77	2,28	2,51	1,9	1,67	1,12	1,47	1	1,55	1,2	1,83	1,64
Lu	0,26	0,32	0,26	0,26	0,37	0,43	0,26	0,29	0,2	0,24	0,14	0,21	0,19	0,30	0,29
K ₂ O/Na ₂ O	1,27	0,46	0,70	0,71	0,63	0,53	0,52	1,08	0,75	0,80	0,40	0,61	0,94	0,34	5,09
Сумма REE	121,23	125,74	110,48	109,46	141,74	145,94	99,50	83,30	160,31	168,43	117,38	103,59	107,28	87,06	27,17
Th/U	8,19	6,85	3,37	3,46	1,66	3,45	3,13	3,53	4,17	4,68	4,11	4,72	5,01	3,05	3,54
La/Sm	4,71	4,69	6,69	6,21	4,53	4,46	5,24	4,74	6,94	6,79	5,80	6,04	9,72	3,45	7,87
La/Yb	13,50	11,07	14,73	12,60	11,80	10,80	10,53	9,64	31,52	25,58	24,00	14,45	22,83	7,66	3,15
Nb/Zr	2,54	1,42	0,05	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,08	0,07	0,09

Примечания: главные элементы в мас.% (XRF), примесные – в г/т (ICP-MS). Порядковые номера образцов, отобранных с рудных участков: 1 – Бодрый; 2 – Промежуточный; 3,4 – Альдигич; 5-9 – Бургагчан; 10 – Ущельный; 11-14 – Озерный; 15-17 – Туромча; 18-20 – Невенрекан; 21-26 – Перекатное; 27,28 – Захаренко; 29,30 – Лабазный; 31,32 – Кустики/Седое; 33 – Джелты; 34,35 – Горный; 36 – Юный; 37 – Скрытый.

Рудные участки: **Эвенский рудный район** – Альдигич, Озерный, Туромча, Невенрекан, Перекатное, Горный; **Конгинская РМЗ** – Бодрый, Промежуточный, Бургагчан, Ущельный Юго-Запад, Захаренко, Лабазный, Кустики/Седой, Джелты, Юный, Скрытый.

*– аналитические данные по (Глухов и др., 2022), прочите – (Прийменко и др., 2023б)

Таблица А.2. Элементный состав руд месторождения Ирбычан (ICP-MS, г/т).

Элементы	*BK	Cc	Kк	№№ проб											
				3I	4I	10I	13I	15I	19I	23I	33I	40I	41I	42I	43I
Au	0,0018	3,82	2121,76	1,38	1,96	23,93	5,02	2,36	4,6	1,92	3,44	0,1	0,68	0,1	0,34
Ag	0,05	305,98	6119,55	20,75	126,99	3173,48	106,86	13,14	30,93	26,1	14,7	4,23	64,12	38,41	52,02
As	1,5	534,28	356,19	932,5	128,5	228,3	240,8	1721,2	180,5	139,0	98,8	1168,6	657,8	632,9	282,5
Ba	550	308,92	0,56	990	210	25	79	333	41	197	69	1078	82	559	44
Be	3	354,98	118,33	936,5	215,7	24,9	79,4	644,7	38,0	205,5	63,0	1097,3	378,8	539,6	36,4
Bi	0,1	0,01	0,08	н.п.о.	0,06	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,03	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Cd	0,1	0,09	0,94	0,07	0,07	0,07	0,16	0,09	н.п.о.	0,32	0,03	н.п.о.	0,05	0,20	0,07
Co	10	5,28	0,53	4,2	4,9	3,3	3,5	6,2	2,0	3,5	3,8	0,9	4,0	21,7	5,4
Cr	35	1034,50	29,56	599	706	2041	2001	581	572	607	2556	239	1430	53	1029
Cs	3,7	3,61	0,97	5,25	3,11	1,00	3,10	5,94	1,69	2,96	3,43	7,35	2,88	5,52	1,04
Cu	25	62,52	2,50	113,3	51,3	115,6	122,8	33,2	32,7	102,2	71,7	15,0	45,9	20,6	25,9
Ga	17	7,78	0,46	12,60	6,89	1,02	3,17	13,36	0,76	6,13	5,40	17,90	4,39	17,95	3,84
Ge	1,9	0,09	0,05	0,09	0,09	0,07	0,15	0,11	0,10	н.п.о.	н.п.о.	0,14	0,12	0,09	0,07
Hf	5,8	1,50	0,26	2,6	2,1	н.п.о.	0,1	2,5	н.п.о.	1,4	н.п.о.	3,3	0,9	4,1	1,0
In	0,1	0,02	0,20	0,015	0,016	0,015	0,009	0,020	н.п.о.	0,086	н.п.о.	0,007	0,009	0,042	0,024
Li	20	86,95	4,35	37,5	56,8	132,2	96,6	41,9	147,4	91,5	109,9	32,8	97,9	68,0	130,9
Mn	600	353,75	0,59	57	495	168	137	49	1604	120	146	24	105	716	624
Mo	1,5	12,75	8,50	5,79	8,19	23,51	27,52	9,82	11,12	10,96	24,19	8,66	14,40	0,85	7,97
Nb	25	4,79	0,19	9,4	6,3	0,6	0,8	9,9	0,2	4,1	0,6	11,3	3,7	8,0	2,6
Ni	20	32,60	1,63	19,3	25,2	58,7	58,5	21,0	17,9	20,7	72,7	8,6	50,4	4,7	33,5
Pb	20	9,73	0,49	17,3	11,0	7,9	10,4	13,8	2,0	9,9	2,7	16,5	8,8	7,5	8,9

Элементы	*BK	Cc	Kк	№№ проб											
				3I	4I	10I	13I	15I	19I	23I	33I	40I	41I	42I	43I
Rb	112	81,13	0,72	130,6	140,6	4,0	45,4	133,4	3,6	125,9	11,1	132,8	101,4	133,8	10,9
Sb	0,2	38,52	192,59	25,17	9,31	44,02	60,03	39,56	21,36	18,08	54,63	93,77	48,51	26,87	20,90
Sc	11	3,24	0,29	3,7	4,2	0,2	0,6	3,1	0,2	2,6	0,2	4,1	1,4	15,2	3,4
Se	0,1	8,92	89,17	2	2	23	58	2	3	1	3	2	10	1	н.п.о.
Sn	5,5	1,27	0,23	1,2	1,3	1,3	1,3	1,1	1,0	1,0	1,4	1,5	1,6	0,9	1,6
Sr	350	99,01	0,28	133,8	189,7	16,6	58,8	73,2	237,9	75,0	23,6	83,8	41,2	208,9	45,6
Ta	2,2	0,33	0,15	0,71	0,43	н.п.о.	н.п.о.	0,65	н.п.о.	0,31	н.п.о.	0,92	0,24	0,58	0,12
Te	0,027	0,15	5,40	н.п.о.	0,25	1,27	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,07	н.п.о.	н.п.о.	0,08	н.п.о.	0,08
Th	10,7	3,58	0,33	8,6	5,5	н.п.о.	0,4	7,4	н.п.о.	3,7	н.п.о.	10,8	2,6	2,6	1,4
Tl	0,1	2,56	25,59	4,32	4,12	0,17	0,91	4,20	0,32	3,45	0,73	4,54	2,58	4,71	0,66
U	2,8	1,09	0,39	2,4	1,5	0,2	0,2	2,5	0,2	1,0	<0.1	3,0	0,8	0,8	0,5
V	60	22,17	0,37	24	13	7	10	22	8	28	9	23	13	92	17
W	2	2,54	1,27	2,4	2,7	1,3	1,6	5,1	0,6	1,8	1,6	2,9	2,9	3,3	4,3
Zn	71	44,67	0,63	49	57	21	16	32	81	106	н.п.о.	4	5	119	46
Zr	190	47,39	0,25	80,7	68,0	1,4	3,7	66,4	6,5	43,6	0,9	91,6	28,5	147,2	30,2
Y	13,3	8,03	0,60	11,5	1,3	2,9	11,0	6,0	7,0	0,4	14,7	4,0	18,7	5,5	13,3
La	1,8	14,02	7,79	31,4	18,1	н.п.о.	2,6	27,0	2,1	13,1	н.п.о.	38,5	8,7	21,4	5,3
Ce	4,3	24,97	5,81	54,7	34,0	0,9	5,9	41,9	4,2	23,7	0,5	59,4	15,9	46,5	12,0
Pr	0,64	2,87	4,49	5,78	3,70	0,10	0,80	4,81	0,52	2,39	0,06	7,08	1,60	6,13	1,50
Nd	3,2	10,13	3,17	19,2	13,6	0,5	2,8	15,5	2,0	8,2	0,2	23,0	5,6	25,1	5,9
Sm	0,74	1,87	2,53	3,54	2,23	0,11	0,64	2,65	0,61	1,45	0,09	3,87	0,88	5,11	1,27

Элементы	*ВК	Сс	Кк	№№ проб											
				3I	4I	10I	13I	15I	19I	23I	33I	40I	41I	42I	43I
Eu	0,25	0,43	1,73	0,74	0,51	0,09	0,22	0,53	0,21	0,33	н.п.о.	0,91	0,20	1,13	0,32
Gd	0,51	1,57	3,07	2,85	2,17	0,08	0,54	1,93	0,78	1,24	н.п.о.	2,95	0,71	4,37	1,18
Tb	0,08	0,24	3,00	0,44	0,33	н.п.о.	0,08	0,29	0,14	0,18	н.п.о.	0,42	0,12	0,69	0,19
Dy	0,36	1,42	3,94	2,46	1,98	0,17	0,59	1,81	0,79	1,13	н.п.о.	2,67	0,52	3,85	1,04
Ho	0,06	0,29	4,88	0,57	0,36	0,03	0,11	0,35	0,15	0,25	0,02	0,53	0,14	0,78	0,22
Er	0,15	0,86	5,73	1,49	1,14	0,09	0,29	1,35	0,36	0,67	н.п.о.	1,73	0,35	2,34	0,50
Tm	0,02	0,13	6,58	0,23	0,19	0,01	0,04	0,19	0,04	0,13	н.п.о.	0,27	0,07	0,34	0,07
Yb	0,13	0,89	6,86	1,66	1,25	0,09	0,26	1,42	0,24	0,75	н.п.о.	1,99	0,53	1,92	0,59
Lu	0,02	0,15	7,29	0,28	0,20	0,01	0,04	0,26	0,03	0,14	н.п.о.	0,34	0,08	0,30	0,07

Примечание. Анализ выполнен методом ICP-MS; н.п.о – нижний предел обнаружения.

*ВК – состав кларка верхней коры, по (Тейлор, Мак-Леннан, 1988), для Те – по (Ну, Гао, 2008); Сс – среднее содержание; Кк – коэффициент концентрации. Номера проб: 3I, 33I, 40I – метасоматит гидрослюдисто-кварцевый по туфу риолита с тонкими кварцевыми прожилками; 4I – прожилок в туфе риолита; 10I – жила карбонат-кварцевая; 13I, 23I – гидротермальная брекчия (кварцевая); 19I – жила адуляр-кварцевая; 15I, 41I – брекчия дацитовая с тонкими прожилками кварца; 42I – андезит с тонкими прожилками кварца; 43I – контакт жилы с окварцованным туфом риолита.

Таблица А.3. Элементный состав жил золото-серебряного рудопоявления Джелты (ICP-MS, г/т).

Элементы	*ВК	Сс	КК	№№ проб				
				105095	105096	105562	105572	105903
Au	0,0018	3,27	1816,67	9,66	0,47	0,67	2,50	3,03
Ag	0,05	87,05	1741,00	316	23,66	3,11	89,04	3,44
As	1,5	277,16	184,77	18,8	28,3	144,2	1112,1	82,4
Ba	550	479,56	0,87	68,2	1271,0	231,6	343,2	483,8
Be	3	0,31	0,10	0,07	0,32	0,39	0,25	0,50
Bi	0,1	0,03	0,30	0,01	0,02	0,05	0,02	0,03
Cd	0,1	5,44	54,40	23,33	3,28	0,28	0,19	0,11
Co	10	3,22	0,32	1,9	3,6	3,5	3,6	3,5
Cr	35	1533,80	43,82	1021	2008	1239	1984	1417
Cs	3,7	1,34	0,36	0,21	0,71	2,57	0,48	2,75
Cu	25	54,48	2,18	33,4	51,2	28,3	111,0	48,5
Ga	17	3,76	0,22	0,97	1,08	7,74	0,61	8,41
Ge	1,9	0,06	0,03	0,06	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Hf	5,8	0,90	0,16	н.п.о.	0,2	1,5	н.п.о.	1,0
In	0,1	0,01	0,10	0,020	0,010	0,008	0,007	0,016
Li	20	82,04	4,10	56,4	68,0	45,8	174,4	65,6
Mn	600	111,60	0,19	73	113	138	117	117
Mo	1,5	16,06	10,71	13,94	30,17	13,44	14,53	8,23
Nb	25	1,80	0,07	0,4	0,7	3,6	0,6	3,7
Ni	20	49,32	2,47	35,9	60,6	42,0	59,6	48,5
Pb	20	1977,54	98,88	4043,0	1271,8	935,9	3192,8	444,2
Rb	112	21,40	0,19	2,7	4,3	51,4	2,8	45,8
Sb	0,2	17,77	88,85	28,81	10,78	12,51	32,33	4,41
Sc	11	1,36	0,12	0,5	0,4	2,2	0,4	3,3
Se	0,1	2,33	23,30	н.п.о.	3	н.п.о.	3	1
Sn	5,5	1,46	0,27	0,8	2,0	1,2	1,8	1,5
Sr	350	23,76	0,07	9,2	47,6	22,0	21,7	18,3
Ta	2,2	0,23	0,10	н.п.о.	н.п.о.	0,27	н.п.о.	0,19
Te	0,027	0,21	7,78	н.п.о.	н.п.о.	0,11	0,31	н.п.о.
Th	10,7	0,89	0,08	0,14	0,15	3,19	0,09	0,86
Tl	0,1	0,17	1,70	0,07	0,13	0,29	0,02	0,33
U	2,8	0,25	0,09	0,10	0,26	0,49	0,10	0,28
V	60	16,60	0,28	7	10	22	8	36
W	2	2,00	1,00	1,1	1,6	4,0	1,3	2,0
Zn	71	602,80	8,49	2357	439	121	43	54
Zr	190	19,22	0,10	4,5	7,1	39,8	1,2	43,5
Y	13,3	1,70	0,13	0,7	0,7	4,1	0,4	2,6
La	1,8	6,68	3,71	6,9	2,8	17,6	0,8	5,3
Ce	4,3	10,34	2,40	7,1	3,1	30,3	1,4	9,8
Pr	0,64	1,26	1,97	1,40	0,54	3,19	0,16	1,03
Nd	3,2	4,60	1,44	5,1	2,0	11,1	0,4	4,4
Sm	0,74	0,82	1,11	0,83	0,36	1,76	0,19	0,98
Eu	0,25	0,15	0,60	0,08	0,12	0,30	0,03	0,21
Gd	0,51	0,44	0,86	0,53	0,18	0,76	0,11	0,64
Tb	0,08	0,11	1,38	н.п.о.	н.п.о.	0,11	н.п.о.	0,10

Элементы	*ВК	Сс	КК	№№ проб				
				105095	105096	105562	105572	105903
Dy	0,36	0,31	0,86	0,16	0,12	0,67	0,11	0,50
Ho	0,06	0,06	1,00	0,03	0,02	0,15	0,03	0,09
Er	0,15	0,17	1,13	0,06	0,11	0,49	0,03	0,18
Tm	0,02	0,03	1,50	н.п.о.	н.п.о.	0,05	0,01	0,03
Yb	0,13	0,20	1,54	0,05	0,11	0,56	0,06	0,22
Lu	0,02	0,05	2,50	н.п.о.	н.п.о.	0,08	0,01	0,05

Примечание. Анализ выполнен методом ICP-MS; н.п.о – нижний предел обнаружения.

*ВК – состав кларка верхней коры, по (Тейлор, Мак-Леннан, 1988), для Те – по (Hu, Gao, 2008); Сс – среднее содержание, КК – коэффициент концентрации.

Номера проб: 105095, 105096, 105562, 105572, 105903, отобранных из кварцевых и карбонат-кварцевых жил с содержанием рудных минералов не более 1%.

Таблица А.4. Элементный состав руд месторождения Пережатное (ICP-OES, -MS, г/т)

Элементы	*ВК	Сс	КК	№№ проб						
				Р-1	Р-3	Р-8	Р-9	Р-13	Р-24	Р-25
Au	0,0018	0,64	355,56	0,697	0,672	0,393	1,309	0,511	0,452	0,480
Ag	0,05	12,82	256,40	6,15	9,37	1,68	22,81	11,73	9,53	28,45
As	1,5	1551,13	1034,09	1669,6	737,6	1024,5	1624,3	2095,0	1522,9	2184,0
Ba	550	65,90	0,12	45,8	40,8	34,3	183,4	47,3	50,4	59,3
Be	3	0,38	0,13	0,26	0,29	0,30	0,73	0,38	0,28	0,41
Bi	0,1	20,69	206,90	10,43	13,31	2,19	33,49	16,10	17,58	51,72
Cd	0,1	34,95	349,50	24,25	10,91	21,37	20,55	59,63	36,46	71,50
Co	10	10,54	1,05	5,76	11,86	15,51	12,01	13,25	8,32	7,06
Cr	35	9,07	0,26	8,4	9,9	7,1	6,5	12,0	8,4	11,2
Cs	3,7	0,88	0,24	0,64	0,38	0,67	1,83	0,86	0,88	0,87
Cu	25	111,64	4,47	69,1	40,3	42,1	91,6	245,8	95,5	197,1
Ga	17	6,30	0,37	3,42	5,70	4,21	9,84	8,36	7,12	5,48
Ge	1,9	0,02	0,01	н.п.о.	н.п.о.	0,08	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,07
Hf	5,8	0,11	0,02	н.п.о.	0,2	н.п.о.	0,3	0,2	0,1	н.п.о.
In	0,1	1,78	17,80	1,563	0,519	0,608	1,347	3,233	1,932	3,228
Li	20	60,67	3,03	54,4	55,7	56,5	57,8	70,5	66,3	63,5
Mn	600	2200,57	3,67	1166	2170	3129	1217	2805	2720	2197
Mo	1,5	17,01	11,34	13,97	7,23	8,28	28,26	27,76	16,55	17,00
Nb	25	1,56	0,06	1,1	1,5	0,9	3,1	2,0	1,2	1,1
Ni	20	30,03	1,50	43,3	20,6	19,9	24,9	34,1	26,8	40,6
Pb	20	1022,00	51,10	474,7	1454,3	182,2	464,1	966,4	843,3	2769,0
Rb	112	21,89	0,20	14,2	8,1	13,2	57,4	18,7	18,1	23,5
Sb	0,2	23,62	118,10	22,17	17,37	18,50	25,86	29,16	24,28	27,99
Sc	11	4,03	0,37	2,6	2,6	3,4	7,4	4,7	3,6	3,9
Se	0,1	5,86	58,60	4	3	3	3	5	8	15
Sn	5,5	17,83	3,24	10,6	14,1	12,5	33,9	24,1	14,2	15,4
Sr	350	30,57	0,09	29,7	16,2	72,4	15,0	18,9	29,9	31,9
Ta	2,2	0,05	0,02	н.п.о.	0,05	н.п.о.	0,13	0,08	0,06	н.п.о.
Te	0,027	6,63	245,56	2,80	4,10	1,18	24,80	4,59	2,66	6,26
Th	10,7	0,56	0,05	0,41	0,84	0,30	0,76	0,78	0,48	0,33
Tl	0,1	0,43	4,30	0,28	0,15	0,29	1,19	0,44	0,29	0,40
U	2,8	0,17	0,06	0,13	0,21	н.п.о.	0,32	0,21	0,17	0,15
V	60	35,29	0,59	22	29	24	60	46	33	33
W	2	1,91	0,96	1,7	1,9	0,9	3,9	2,2	1,2	1,6
Zn	71	2286,71	32,21	1423	714	1125	1419	4192	2602	4532
Zr	190	5,41	0,03	3,3	8,1	3,5	9,2	5,8	4,2	3,8
Y	13,3	8,40	0,63	6,2	5,8	19,1	7,8	5,5	7,1	7,3
La	1,8	4,91	2,73	2,3	5,1	9,5	5,2	5,7	3,5	3,1
Ce	4,3	8,83	2,05	4,9	10,1	12,6	10,5	10,2	7,7	5,8
Pr	0,64	1,10	1,72	0,59	1,31	1,74	1,25	1,27	0,82	0,73
Nd	3,2	4,59	1,43	2,7	5,5	6,7	5,3	5,3	3,5	3,1
Sm	0,74	1,07	1,45	0,68	1,24	1,64	1,36	1,07	0,76	0,75
Eu	0,25	0,74	2,96	0,70	0,74	1,09	0,53	0,86	0,69	0,58
Gd	0,51	1,05	2,06	0,72	1,01	1,85	1,33	1,04	0,81	0,62
Tb	0,08	0,16	2,00	0,14	0,14	0,32	0,18	0,13	0,13	0,11
Dy	0,36	1,11	3,08	0,75	0,79	2,34	1,11	0,85	0,98	0,94
Ho	0,06	0,25	4,17	0,17	0,15	0,56	0,26	0,17	0,21	0,21
Er	0,15	0,75	5,00	0,51	0,46	1,81	0,66	0,51	0,62	0,67
Tm	0,02	0,12	6,00	0,08	0,05	0,33	0,11	0,06	0,12	0,12
Yb	0,13	0,74	5,69	0,55	0,39	2,04	0,59	0,46	0,63	0,54

Окончание табл. А.4.

Элементы	*ВК	Сс	КК	№№ проб						
				Р-1	Р-3	Р-8	Р-9	Р-13	Р-24	Р-25
Lu	0,02	0,11	5,50	0,06	0,07	0,28	0,11	0,06	0,10	0,12

Примечание. Анализ выполнен методом ICP-OES, -MS; н.п.о – нижний предел обнаружения.

*ВК – состав кларка верхней коры, по (Тейлор, Мак-Леннан, 1988), для Те – по (Hu, Gao, 2008); Сс – среднее содержание, КК – коэффициент концентрации.

Номера проб: Р-1, Р-3, Р-8, Р-9, Р-13, Р-24, Р-25 – материал из сульфидно-кварцевых прожилков.

Таблица А.5. Элементный состав сульфидно-кварцевых прожилков рудопроявления Захаренко (ICP-OES, -MS, г/т).

Элементы	*ВК	Сс	КК	№№ проб				
				2167-2	4033-2	3021-2	4064-2	Z2
Au	0,0018	3,01	1672,22	11,1	0,03	2,813	1,075	0,029
Ag	0,05	20,83	416,60	41,25	44,87	0,96	4,8	12,26
As	1,5	30,98	20,65	17,7	43,2	41,8	33,5	18,7
Ba	550	265,60	0,48	73	716	26	86	427
Be	3	0,48	0,16	0,37	0,63	0,34	0,75	0,33
Bi	0,1	17,05	170,50	0,19	74,72	0,70	0,11	9,53
Cd	0,1	1,36	13,60	0,19	4,67	0,50	0,57	0,89
Co	10	3,96	0,40	5,1	4,0	4,0	3,5	3,2
Cr	35	2194,40	62,70	3231	1756	2178	1996	1811
Cs	3,7	0,37	0,10	0,41	0,80	0,19	0,31	0,14
Cu	25	41,20	1,65	42,3	62,7	31,2	33,6	36,2
Ga	17	2,53	0,15	1,81	6,20	1,36	1,63	1,66
Hf	5,8	0,70	0,12	0,2	2,7	0,1	0,2	0,3
In	0,1	0,04	0,40	0,017	0,126	0,022	0,010	0,028
Li	20	29,50	1,48	15,9	24,5	58,5	35,3	13,3
Mn	600	189,00	0,32	170	276	208	186	105
Mo	1,5	23,78	15,85	16,73	9,54	62,06	17,05	13,51
Nb	25	2,28	0,09	1,2	6,4	1,0	1,4	1,4
Ni	20	69,72	3,49	98,2	56,7	69,8	65,4	58,5
Pb	20	45,48	2,27	114,3	>10000	91,5	21,6	>10000
Rb	112	19,40	0,17	7,2	71,9	3,6	6,9	7,4
Sb	0,2	5,13	25,65	4,52	6,51	2,17	2,59	9,86
Sc	11	0,90	0,08	0,4	2,7	0,2	0,3	0,9
Se	0,1	1,00	10,00	н.п.о.	3	н.п.о.	н.п.о.	2
Sn	5,5	1,92	0,35	2,0	2,0	2,1	1,7	1,8
Sr	350	25,80	0,07	11,8	65,0	6,2	17,9	28,1
Ta	2,2	0,08	0,04	н.п.о.	0,35	н.п.о.	0,05	н.п.о.
Te	0,027	9,23	341,85	0,38	41,63	0,22	0,23	3,70
Th	10,7	0,90	0,08	0,29	2,91	0,32	0,49	0,48
Tl	0,1	0,16	1,60	0,05	0,63	0,03	0,05	0,05
U	2,8	0,23	0,08	0,09	0,57	0,14	0,27	0,10
V	60	10,60	0,18	16	11	9	11	6
W	2	2,04	1,02	2,0	3,9	1,4	1,5	1,4
Zn	71	212,80	3,00	20	950	39	39	16
Zr	190	24,78	0,13	8,5	89,6	3,2	6,9	15,7
Y	13,3	3,44	0,26	0,9	9,5	1,0	1,3	4,5
La	1,8	9,30	5,17	1,8	18,5	3,3	1,2	21,7
Ce	4,3	18,52	4,31	4,6	37,2	7,0	3,2	40,6
Pr	0,64	1,99	3,11	0,44	4,02	0,71	0,27	4,49
Nd	3,2	7,26	2,27	1,5	14,6	2,3	0,9	17,0
Sm	0,74	1,49	2,01	0,29	2,75	0,66	0,14	3,61
Eu	0,25	0,29	1,16	0,08	0,59	0,15	0,08	0,57
Gd	0,51	1,08	2,12	0,27	2,27	0,45	0,16	2,27
Tb	0,08	0,16	2,00	0,07	0,28	0,09	0,07	0,27
Dy	0,36	0,83	2,31	0,21	2,13	0,27	0,25	1,31

Окончание табл. А.5.

Элементы	*ВК	Сс	КК	№№ проб				
				2167-2	4033-2	3021-2	4064-2	Z2
Ho	0,06	0,21	3,50	0,11	0,53	0,08	0,08	0,24
Er	0,15	0,52	3,47	0,10	1,48	0,15	0,19	0,69
Tm	0,02	0,10	5,00	0,07	0,24	0,06	0,07	0,06
Yb	0,13	0,46	3,54	0,18	1,36	0,15	0,26	0,33
Lu	0,02	0,09	4,50	0,07	0,18	0,07	0,07	0,04

Примечание. Анализ выполнен методом ICP-MS; н.п.о – нижний предел обнаружения.

*ВК - состав кларка верхней коры, по (Тейлор, Мак-Леннан, 1988), для Те – по (Ну, Гао, 2008); Сс – среднее содержание, КК – коэффициент концентрации.

Номера проб: 2167-2, 4033-2, 3021-2, 4064-2, Z2 – материал из сульфидно-кварцевых прожилков.

Таблица А.6. Элементный состав сульфидно-кварцевых прожилков рудопроявления Лабазное (ICP-OES, г/т).

Элемент	*ВК	СС	КК	Номер образца								
				6	7	9	10	11	21	30	31	32
Au	0,0018	0,12	65,19	0,018	0,015	0,0005	0,0005	0,27	0,009	0,003	0,736	0,004
Ag	0,05	0,72	14,44	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	1,3	0,1	2,9	0,9
As	1,5	10,44	6,96	1	1	1	1	7	6	1	34	42
Ba	550	45,56	0,08	10	10	70	70	60	20	20	110	40
Be	3	0,35	0,12	н.п.о	н.п.о	0,8	0,6	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о
Bi	0,1	–	–	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о
Cd	0,1	–	–	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о
Co	10	3,83	0,38	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	1	3	2	26	н.п.о
Cr	35	156,44	4,47	181	186	129	57	174	242	275	7	157
Cu	25	66,89	2,68	2	3	4	2	3	516	4	16	52
Ga	17	10,56	0,62	30	20	н.п.о	н.п.о	н.п.о	10	н.п.о	10	н.п.о
Mn	600	448,56	0,75	242	199	509	1070	152	299	164	1190	212
Mo	1,5	215,39	143,59	973	941	6	2	3	4	5	0,5	4
Ni	20	4,06	0,20	2	0,5	1	1	5	6	10	7	4
Pb	20	19,89	0,99	1	1	10	12	11	36	8	4	96
Sb	0,2	1,11	5,56	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	2	н.п.о
Sc	11	1,56	0,14	1	1	н.п.о	2	н.п.о	1	н.п.о	7	н.п.о
Sr	350	35,22	0,10	0,5	0,5	72	50	5	121	13	47	8
V	60	53,67	0,89	145	128	2	6	2	29	2	168	1
W	2	5,56	2,78	10	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о	н.п.о
Zn	71	59,44	0,84	16	11	22	6	86	14	8	126	246

Примечание. Анализ выполнен методом ICP- OES; н.п.о – нижний предел обнаружения.

*ВК - состав кларка верхней коры, по (Тейлор, Мак-Леннан, 1988); Сс – среднее содержание, КК – коэффициент концентрации.

Номера и состав образцов: 6, 7, 11 – сульфидно-кварцевый прожилок; 9, 10, 30 – кварц-карбонатный прожилок; 21 – жильный кварц с хлоритизацией и медными минералами, 31 – андезит с кварцевыми прожилками, 32 – риолит с кварцевыми прожилками.

Таблица А.7. Элементный состав жильного материала и скарновых образований рудопроявления Кустики/Седое (ICP-OES, г/т).

Элементы	*ВК	Сс	КК	№№ проб							
				105074	105080	105085	105551	105546	105530	105536	105537
Au	0,0018	0,04	22,22	0,015	0,039	0,011	0,003	н.п.о.	0,021	0,137	0,025
Ag	0,05	39,06	781,20	7,3	62,6	10,8	10,1	9,6	81,6	96,15	34,3
As	1,5	107,38	71,59	17	128	17	132	135	405	13	12
Ba	550	108,75	0,20	10	20	110	210	230	20	10	260
Bi	0,1	32,57	325,70	2	6	4	3	н.п.о.	39	169	5
Cd	0,1	73,84	738,40	76,4	80,8	74,5	84,8	75,7	45,6	83,7	69,2
Co	10	16,25	1,63	4	14	4	31	25	29	21	2
Cr	35	76,25	2,18	43	22	73	57	62	119	146	88
Cu	25	214,38	8,58	124	111	109	93	62	482	719	15
Ga	17	12,00	0,71	10	20	н.п.о.	10	10	10	н.п.о.	н.п.о.
Mn	600	2331,71	3,89	4490	>50000	324	3080	2990	3400	138	1900
Mo	1,5	3,33	2,22	4	н.п.о.	1	2	н.п.о.	1	11	1
Ni	20	16,67	0,83	12	4	н.п.о.	37	29	15	3	н.п.о.
Pb	20	7456,25	372,81	2360	7350	>10000	9430	8130	2380	>10000	>10000
Sb	0,2	9,14	45,70	8	н.п.о.	3	11	8	5	9	20
V	60	46,00	0,77	46	5	53	115	105	34	9	1
W	2	76,67	38,34	<10	<10	10	<10	10	<10	210	<10
Zn	71	8860,00	124,79	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	8190	>10000	9530

Примечание. Анализ выполнен методом ICP- OES; н.п.о – нижний предел обнаружения.

*ВК - состав кларка верхней коры, по (Тейлор, Мак-Леннан, 1988), для Те – по (Ну, Гао, 2008); Сс – среднее содержание, КК – коэффициент концентрации. Номера и состав (полевое описание) проб: 105074 – скарнированный известняк с гнездами пирита, халькопирита; 105080 – массивный сульфидный агрегат (~50%) с галенитом, пиритом, гидроксидами марганца; 105085 – известняк окварцованный, с галенитом, пиритом и церусситом(?) и лимонитом (до 50%); 105551 – скарны с полиметаллической минерализацией (сульфиды до 5%); 105546 – скарны с полиметаллической минерализацией (сульфиды до 5%); 105530 – скарн сульфид-хлорит-эпидот-карбонатный (галенит до 5%, сфалерит и пирит до 1-5 %); 105536 – «рудный сухарь» в канаве 18 с интенсивной сульфидизацией (до 20%) по известковому скарну; 105536 – известковистый скарн с интенсивной сульфидизацией (до 20%), канава № 18; 105537 – скарн сульфид-хлорит-эпидот-карбонатный (галенит до 5%, сфалерит и пирит до 1-5 %).

Таблица А.8. Элементный состав руд и метасоматитов с сульфидно-кварцевыми прожилками месторождения Невенрекан (ICP-MS, г/т), (Прийменко и др., 2020б, с добавлениями)

Элементы	*ВК	Рудная зона		I	I	I, II	I, II	I, II	I, II	I, II	II	II	II	II	II	II	II	II	III	III	
		Абсолютная от-метка (м)		640	680	539	525	410	515	515	480	475	475	470	495	490	455	410	500	405	360
		Номер образца		22Н	27Н	1Н	3Н	6Н	8Н	14Н	4Н	5Н	9Н	10Н	11Н	12Н	15Н	16Н	17Н	19Н	20Н
		Сс	КК																		
Au	0,0018	9,23	5127,78	28,69	0,10	0,10	10,13	8,66	8,78	15,11	0,10	22,07	2,19	1,228	0,10	2,76	0,10	7,85	28,91	0,10	29,17
Ag	0,05	503,88	10077,60	16,15	2,58	3,17	4702	264	784	878	24,42	208	581	1117	2,43	353	1,44	81,86	28,20	1,58	20,92
As	1,5	304,52	203,01	9,0	117,6	88,9	643,0	102,8	224,1	595,2	160,0	1137,2	64,5	582,0	31,4	193,4	51,7	4,8	1,9	346,9	1126,9
Ba	550	347,28	0,63	69	1270	224	14	12	74	29	575	21	47	57	2831	94	681	20	62	132	39
Be	3	1,32	0,44	0,57	1,06	1,54	1,86	1,84	2,92	1,55	1,77	1,52	0,54	0,60	1,42	0,76	1,18	0,99	1,57	1,29	0,71
Bi	0,1	2,02	20,20	0,04	0,07	0,25	0,27	0,03	0,07	0,03	0,25	0,23	0,19	18,14	0,11	0,15	0,02	0,02	0,01	3,32	13,23
Cd	0,1	0,98	9,80	–	–	0,22	2,68	3,58	4,96	0,64	0,31	1,02	0,22	–	0,03	0,51	0,06	0,39	0,06	0,02	0,06
Co	10	6,47	0,65	2,4	0,7	3,8	0,7	14,4	22,4	1,1	4,7	1,3	3,1	2,3	5,0	1,8	24,1	1,3	1,3	24,9	1,2
Cr	35	13,17	0,38	23	7	9	8	13	10	9	8	9	31	22	6	17	19	12	13	9	12
Cs	3,7	2,65	0,72	1,76	4,02	3,22	0,29	0,72	4,47	2,54	5,01	0,29	2,34	1,14	10,87	4,15	0,99	0,46	2,24	2,65	0,60
Cu	25	174,46	6,98	30,1	10,8	39,2	1174,8	111,2	126,6	345,2	46,3	219,7	91,9	150,2	13,5	628,1	30,5	22,6	22,6	35,0	41,9
Ga	17	8,60	0,51	0,96	12,35	5,54	10,58	7,23	7,55	10,24	12,12	12,35	2,35	5,20	11,52	5,94	17,22	3,82	3,14	16,90	9,84
Ge	1,9	0,61	0,32	0,05	0,09	0,08	8,23	0,19	0,28	0,31	0,13	0,24	0,17	0,35	0,10	0,10	0,11	0,06	0,06	0,13	0,24
Hf	5,8	1,40	0,24	–	1,8	0,7	–	–	–	–	1,6	–	–	–	1,5	–	2,1	–	–	0,7	–
In	0,1	0,08	0,80	–	0,025	0,017	–	0,053	0,132	0,053	0,034	0,142	0,032	0,018	0,027	0,280	0,049	0,048	0,020	0,104	0,254
Li	20	50,21	2,51	133,2	12,5	40,5	51,2	52,7	54,8	55,9	36,7	57,9	51,9	29,2	37,4	60,1	60,7	82,0	39,1	43,8	4,2
Mn	600	5797,11	9,66	257	109	2363	22105	25643	11216	10449	3585	15129	393	227	4177	408	3275	2216	1311	1248	237
Mo	1,5	1,85	1,23	1,54	1,68	1,92	1,10	0,59	0,78	0,96	9,02	0,78	2,20	1,77	3,78	1,26	0,69	1,02	1,00	1,36	1,92
Nb	25	2,24	0,09	–	6,7	2,7	0,3	0,1	0,1	–	6,2	0,2	0,1	0,1	5,7	–	5,2	–	0,1	3,8	0,1
Ni	20	10,87	0,54	17,4	3,6	6,9	6,6	10,6	12,3	7,8	6,8	6,0	24,3	19,3	4,6	13,6	16,1	10,0	10,5	9,9	9,3
Pb	20	180,45	9,02	5,5	21,9	25,1	2223,2	34,3	129,2	140,8	39,8	200,2	83,4	84,3	14,4	62,7	10,0	16,4	6,9	37,3	112,7
Rb	112	26,29	0,23	20,3	58,1	44,4	1,2	2,3	30,3	11,1	99,1	1,2	10,8	13,4	89,2	27,1	9,5	0,9	19,7	25,7	9,0
Sb	0,2	91,03	455,15	13,61	3,03	5,16	761,90	10,38	51,17	135,64	4,26	19,58	43,05	126,35	2,54	403,34	3,48	9,13	6,81	2,69	36,36
Sc	11	3,35	0,30	–	5,0	2,5	0,3	1,1	0,3	0,5	6,0	0,4	0,3	0,5	6,1	0,6	15,1	0,6	0,2	15,0	2,4
Se	0,1	162,13	1621,30	–	4	1	2000	37	89	112	10	74	53	121	3	16	–	3	2	6	63
Sn	5,5	244,69	44,49	1,3	2,1	2,5	3843,0	46,1	104,9	127,2	24,2	42,6	63,1	88,3	3,5	27,9	1,8	12,1	3,0	1,9	9,0
Sr	350	161,41	0,46	48,7	322,0	478,6	105,7	122,1	42,8	90,9	166,1	193,9	15,5	13,1	249,2	19,4	677,1	32,0	51,7	259,1	17,4
Ta	2,2	0,35	0,16	–	0,59	0,15	–	–	–	–	0,48	–	–	–	0,46	–	0,26	–	–	0,18	–
Te	0,027	1,20	44,44	0,52	–	–	1,18	–	1,30	0,12	0,11	0,14	4,55	0,68	–	0,35	–	0,17	–	0,40	4,82
Th	10,7	3,20	0,30	–	7,69	2,04	–	–	–	–	6,58	–	–	0,06	6,00	0,07	2,34	–	–	2,63	1,38
Tl	0,1	1,43	14,30	0,41	9,62	1,07	0,14	0,09	0,77	0,46	2,85	0,09	0,28	0,39	6,47	0,74	0,63	0,03	0,31	1,19	0,24
U	2,8	0,76	0,27	–	1,96	0,64	–	0,18	0,21	–	2,03	0,19	–	–	1,64	0,08	0,49	–	–	0,69	0,28
V	60	31,47	0,52	–	31	24	1	3	3	4	32	4	3	6	41	6	162	4	3	194	14
W	2	0,77	0,39	0,6	1,7	1,0	0,6	0,4	0,4	0,5	1,8	1,5	0,9	0,7	1,1	0,5	0,7	0,4	0,5	0,3	0,3
Zn	71	315,61	4,45	6	11	53	1050	1787	1155	328	93	535	154	61	53	172	102	58	7	34	22
Zr	190	16,89	0,09	0,6	47,8	23,7	–	1,2	0,5	–	44,2	1,6	0,7	0,7	43,3	1,2	71,8	0,6	0,6	27,7	4,0
Y	13,3	7,52	0,57	0,3	8,6	5,5	1,5	39,1	20,7	2,9	12,4	5,9	0,5	0,3	11,5	0,9	12,2	3,3	0,6	8,2	0,9
La	1,8	9,48	5,27	0,7	20,7	16,0	2,2	11,7	10,9	24,3	24,9	7,0	0,7	0,9	19,7	1,2	1,8	3,2	1,0	21,9	1,8
Ce	4,3	12,62	2,93	0,51	18,58	17,16	2,07	25,77	10,21	2,63	35,68	8,73	1,03	1,22	35,60	2,03	28,97	4,01	1,04	28,18	3,72
Pr	0,64	2,00	3,13	0,11	2,39	2,86	0,35	4,03	3,26	0,42	4,53	1,16	0,16	0,14	3,96	0,30	5,60	0,57	0,21	5,32	0,64
Nd	3,2	7,97	2,49	0,4	7,9	10,3	1,3	17,9	14,2	1,6	16,0	3,7	0,6	0,5	13,9	1,2	24,7	2,2	0,8	23,0	3,2
Sm	0,74	1,93	2,61	0,24	1,57	1,67	0,23	4,66	7,94	0,37	3,19	0,61	0,06	0,13	2,62	0,26	4,89	0,56	0,22	4,81	0,74
Eu	0,25	1,10	4,40	0,05	0,37	2,04	0,86	3,75	3,56	0,60	0,93	2,44	0,12	0,14	0,92	0,16	1,70	0,32	0,18	1,39	0,25
Gd	0,51	1,72	3,37	–	1,40	1,56	0,20	6,08	3,53	0,41	2,56	0,61	0,14	0,11	2,33	0,29	4,83	0,48	0,13	4,15	0,51

Элементы	*ВК	Рудная зона		I	I	I, II	II	II	II	II	II	II	II	II	III	III					
		Абсолютная от-метка		640	680	539	525	410	515	515	480	475	475	470	495	490	455	410	500	405	360
		Номер образца		22Н	27Н	1Н	3Н	6Н	8Н	14Н	4Н	5Н	9Н	10Н	11Н	12Н	15Н	16Н	17Н	19Н	20Н
		Сс	КК																		
Tb	0,08	0,24	3,00	0,02	0,22	0,20	0,03	1,01	0,56	0,05	0,40	0,11	0,02	0,02	0,34	0,03	0,65	0,09	0,03	0,54	0,08
Dy	0,36	1,63	4,53	0,08	1,72	1,06	0,22	6,61	3,88	0,43	2,34	0,72	0,08	–	2,01	0,13	3,75	0,66	0,14	3,44	0,36
Ho	0,06	0,30	5,00	0,01	0,38	0,25	0,03	1,34	0,64	0,09	0,49	0,15	0,02	0,01	0,46	0,02	0,76	0,12	0,02	0,62	0,06
Er	0,15	0,98	6,53	–	1,28	0,63	0,08	3,72	1,60	0,21	1,43	0,41	0,06	–	1,54	0,07	1,98	0,33	0,04	2,13	0,15
Tm	0,02	0,19	9,50	–	0,20	0,08	0,01	0,48	0,52	0,02	0,23	0,05	–	–	0,22	–	0,28	0,05	–	0,29	0,02
Yb	0,13	0,91	7,00	0,07	1,72	0,51	0,07	3,23	2,04	0,22	1,78	0,39	0,05	0,03	1,49	0,09	2,08	0,40	0,04	2,03	0,13
Lu	0,02	0,17	8,50	–	0,25	0,09	–	0,42	0,17	0,01	0,28	0,05	–	–	0,23	0,01	0,29	0,04	–	0,35	0,02

Примечание: *ВК – состав кларка верхней коры, по (Тейлор, Мак-Леннан, 1988), для Те, по (Ну, Гао, 2008); Сс – среднее содержание; КК – коэффициент концентрации.

Номера и состав образцов: 22Н – жила кварцевая, с обломками метасоматита; 27Н – околожильный метасоматит по туфам дацитов; 1Н – туфы дацитов, с тонкими прожилками; 3Н – сульфидно-карбонат-кварцевая жила; 4Н – туфы риолитов; 5Н – сульфидно-кварцевая жила; 6Н – сульфидно-кварцевая жила; 8Н – сульфидно-адуляр-кварцевая жила; 9Н – кварцевая жила с мелкими ксенолитами вмещающих дацитов; 10Н – кварцевая жила с обломками вмещающих риодацитов; 11Н – игнимбрит риолита, с тонкими прожилками кварца; 12Н – кварцевая жила с обломками игнимбрита риодацита; 14Н – сульфидно-кварцевая жила; 15Н – андезит, с тонкими прожилками кварца; 16Н – кварцевая жила с обломками метасоматита по риодацитам(?); 17Н – карбонат-кварцевая жила; 19Н – взрывчатая брекчия с карбонатными прожилками; 20Н – сульфидно-кварцевая жила.

**Приложение Б. Изотопно-геохронологические данные по меловым
интрузивным и рудным образованиям Конгинской рудно-
магматической зоны и Эвенского рудного района**

Таблица Б.1. Результаты U-Pb изотопных исследований циркона из гранитоидов викторинского комплекса Конгинская РМЗ (методом TIMS), по (Глухов и др., 2022).

Номер п/п	Циркон, размерная фракция (мкм), характеристика, количество	U/Pb	Изотопные отношения					Rho	Возраст, млн. лет		
			$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^a$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^a$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
Гранодиорит, участок Захаренко											
1	75-100, 36 з.	62.3	423	0.0484±2	0.2805±1	0.0898±4	0.0135±1	0.52	87±0.3	86±0.2	117±9
2	100-150, 20 з.	55.0	233	0.0479±1	0.2851±1	0.0890±4	0.0135±1	0.51	86±0.3	86±0.2	94±8
3	100-150, 10 з.	51.7	217	0.0478±1	0.2836±1	0.0888±2	0.0135±1	0.55	86±0.2	86±0.2	87±5
Кварцевый монзонит, участок Кустики/Седое											
4	>100, 15 з.	65.4	375	0.0482±2	0.1903±1	0.0892±4	0.0134±1	0.52	87±0.3	86±0.2	108±8
5	>100, 8 з.	41.3	95	0.0481±3	0.1743±1	0.0902±7	0.0136±1	0.34	88±0.7	87±0.5	106±17
6	85-100, ВО, кисл.обр.=2.0	61.5	418	0.0488±1	0.1769±1	0.0976±4	0.0145±1	0.54	94±0.3	93±0.3	137±8
7	>100, 25 з.	58.5	331	0.0483±2	0.1887±1	0.0936±5	0.0141±1	0.50	91±0.3	90±0.3	112±10
8	>100, 13 з.	47.0	104	0.0480±5	0.1974±1	0.0893±9	0.0135±1	0.40	87±0.4	86±0.3	99±23
9	>100, ВО, кисл.обр.=2.0	46.3	158	0.0493±2	0.1561±1	0.1080±5	0.0159±1	0.47	104±0.4	102±0.3	163±11

^a – изотопные отношения, скорректированные на бланк и обычный свинец; Rho – коэффициент корреляции ошибок отношений $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} - ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$; ВО – высокотемпературный отжиг циркона; кисл.обр.=3.0 – кислотная обработка циркона с заданной экспозицией (часы). Величины ошибок ($\pm 2\sigma$) соответствуют последним значащим цифрам. Аналитик Е.Б. Сальникова (ИГД РАН, г. Санкт-Петербург).

Таблица Б.2. Результаты U-Pb изотопных исследований циркона из гранитоидов гармандинского комплекса Эвенского рудного района (месторождение Невенрекан, проба UPB212021; методом LA-ICP-MS); аналитические данные к рис. 11в.

№	Pb, г/г	Th, г/г	U, г/г	Th/U	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	Rho2	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	Rho1	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	±1σ	возраст, ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	возраст, ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	возраст, ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	возраст, ²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	±1σ	D1, %	D2, %	возраст, ²⁰⁷ PbCorr	±1σ
1	3.55	239	277	0.81	81.8	0.87	0.0497	0.0020	0.2	0.0837	0.0033	0.0122	0.0001	0.1	0.0036	0.0001	183	90	78	1	82	3	72	1	4	133	78.1	0.8
2	2.55	140	198	0.66	81.6	0.93	0.0579	0.0026	0.2	0.0978	0.0044	0.0123	0.0001	0.1	0.0040	0.0001	527	97	79	1	95	4	81	2	21	571	77.5	0.9
3	2.96	131	234	0.52	83.1	0.97	0.0536	0.0024	0.2	0.0889	0.0039	0.0120	0.0001	0.1	0.0040	0.0001	355	97	77	1	87	4	80	2	12	361	76.5	0.9
4	1.83	97	144	0.62	83.4	1.04	0.0523	0.0035	0.1	0.0865	0.0057	0.0120	0.0002	0.1	0.0037	0.0001	300	145	77	1	84	5	74	3	10	291	76.4	1.0
5	2.17	146	165	0.82	80.3	0.97	0.0609	0.0029	0.2	0.1047	0.0049	0.0125	0.0002	0.1	0.0039	0.0001	637	100	80	1	101	5	78	2	27	698	78.5	1.0
6	3.37	227	259	0.79	81.2	0.92	0.0540	0.0021	0.2	0.0915	0.0035	0.0123	0.0001	0.1	0.0037	0.0001	370	85	79	1	89	3	74	2	13	370	78.2	0.9
7	1.57	83	120	0.62	81.0	1.11	0.0680	0.0043	0.2	0.1158	0.0072	0.0124	0.0002	0.0	0.0040	0.0002	869	125	79	1	111	7	80	3	40	997	77.1	1.1
8	2.32	110	178	0.55	81.2	0.99	0.0528	0.0029	0.2	0.0896	0.0048	0.0123	0.0002	0.1	0.0041	0.0001	319	118	79	1	87	4	83	3	10	305	78.4	1.0
9	2.76	134	218	0.55	83.2	0.97	0.0451	0.0026	0.2	0.0747	0.0042	0.0120	0.0001	0.0	0.0037	0.0001	0	83	77	1	73	4	75	2	-5	-100	77.3	0.9
10	3.31	217	258	0.74	82.2	0.95	0.0562	0.0022	0.2	0.0942	0.0036	0.0122	0.0001	0.1	0.0036	0.0001	458	85	78	1	91	3	72	2	17	487	77.1	0.9
11	1.72	85	132	0.58	80.6	1.10	0.0592	0.0039	0.2	0.1013	0.0065	0.0124	0.0002	0.0	0.0041	0.0002	576	136	80	1	98	6	82	4	23	624	78.3	1.1
12	1.61	85	122	0.63	80.4	1.10	0.0468	0.0043	0.1	0.0803	0.0072	0.0124	0.0002	0.0	0.0040	0.0002	40	204	80	1	78	7	80	3	-2	-50	79.8	1.2
13	3.39	225	256	0.80	79.9	0.89	0.0601	0.0022	0.2	0.1035	0.0037	0.0125	0.0001	0.1	0.0039	0.0001	606	78	80	1	100	3	78	2	25	656	78.9	0.9
14	1.81	128	140	0.83	82.1	1.08	0.0590	0.0038	0.2	0.0991	0.0063	0.0122	0.0002	0.0	0.0040	0.0001	568	133	78	1	96	6	80	2	23	629	76.9	1.1
15	1.73	126	133	0.87	81.4	1.13	0.0809	0.0046	0.2	0.1368	0.0077	0.0123	0.0002	0.0	0.0049	0.0001	1218	108	79	1	130	7	98	3	65	1448	75.4	1.1
16	2.59	114	204	0.51	83.0	0.96	0.0483	0.0027	0.2	0.0802	0.0043	0.0121	0.0001	0.0	0.0038	0.0001	113	124	77	1	78	4	76	3	1	47	77.1	0.9
17	1.93	76	147	0.48	80.3	1.03	0.0625	0.0036	0.2	0.1072	0.0061	0.0125	0.0002	0.1	0.0040	0.0002	690	118	80	1	103	6	81	3	30	764	78.3	1.1
18	2.17	117	168	0.64	81.3	0.99	0.0671	0.0032	0.2	0.1138	0.0054	0.0123	0.0002	0.1	0.0041	0.0001	842	97	79	1	109	5	82	3	39	968	76.9	1.0
19	3.17	118	243	0.45	80.7	1.11	0.0647	0.0033	0.2	0.1104	0.0056	0.0124	0.0002	0.1	0.0048	0.0002	764	105	79	1	106	5	97	4	34	862	77.7	1.1
20	1.96	85	150	0.52	80.1	1.16	0.0625	0.0041	0.2	0.1074	0.0069	0.0125	0.0002	0.0	0.0044	0.0002	690	134	80	1	104	6	89	4	30	763	78.5	1.2
21	2.44	144	189	0.70	81.2	0.99	0.0590	0.0028	0.2	0.1001	0.0048	0.0123	0.0002	0.1	0.0039	0.0001	567	102	79	1	97	4	78	2	23	618	77.8	1.0
22	2.42	177	189	0.86	81.8	1.00	0.0504	0.0029	0.2	0.0849	0.0048	0.0122	0.0002	0.1	0.0037	0.0001	213	127	78	1	83	4	75	2	6	172	78.1	1.0
23	2.65	150	207	0.67	81.3	0.99	0.0568	0.0027	0.2	0.0963	0.0045	0.0123	0.0002	0.1	0.0041	0.0001	483	103	79	1	93	4	82	2	18	513	77.9	1.0
24	2.05	114	163	0.65	82.3	1.02	0.0559	0.0033	0.2	0.0936	0.0054	0.0122	0.0002	0.0	0.0039	0.0001	449	124	78	1	91	5	78	3	17	477	77.0	1.0
25	1.64	110	127	0.80	80.6	1.04	0.0581	0.0039	0.2	0.0994	0.0065	0.0124	0.0002	0.0	0.0044	0.0001	535	140	80	1	96	6	89	3	21	572	78.5	1.1
26	4.40	312	345	0.84	81.4	0.93	0.0544	0.0019	0.2	0.0920	0.0031	0.0123	0.0001	0.1	0.0037	0.0001	386	76	79	1	89	3	74	2	14	390	78.1	0.9
27	3.40	247	273	0.84	83.1	0.97	0.0543	0.0022	0.2	0.0900	0.0036	0.0120	0.0001	0.1	0.0036	0.0001	385	88	77	1	88	3	73	2	13	399	76.4	0.9
28	3.02	199	241	0.76	82.9	0.96	0.0569	0.0024	0.2	0.0945	0.0039	0.0121	0.0001	0.1	0.0036	0.0001	485	91	77	1	92	4	73	2	19	528	76.4	0.9
29	2.77	197	217	0.83	81.6	0.93	0.0521	0.0026	0.2	0.0880	0.0043	0.0123	0.0001	0.1	0.0038	0.0001	289	109	79	1	86	4	76	2	9	267	78.1	0.9
30	2.46	139	191	0.67	80.6	0.97	0.0573	0.0028	0.2	0.0980	0.0047	0.0124	0.0002	0.1	0.0038	0.0001	504	104	80	1	95	4	77	2	19	534	78.5	1.0
31	1.37	63	106	0.54	80.8	1.11	0.0448	0.0045	0.1	0.0764	0.0076	0.0124	0.0002	0.0	0.0035	0.0002	0	163	79	1	75	7	71	4	-6	-100	79.5	1.2
32	5.17	448	412	0.99	82.8	0.89	0.0504	0.0017	0.2	0.0838	0.0028	0.0121	0.0001	0.1	0.0038	0.0001	211	77	77	1	82	3	77	2	6	173	77.1	0.8
33	3.48	267	274	0.89	81.9	0.94	0.0551	0.0022	0.2	0.0927	0.0036	0.0122	0.0001	0.1	0.0044	0.0001	416	85	78	1	90	3	88	2	15	431	77.5	0.9
34	1.52	70	121	0.53	82.6	1.16	0.0513	0.0042	0.1	0.0857	0.0070	0.0121	0.0002	0.0	0.0041	0.0002	256	179	78	1	84	7	83	4	8	230	77.2	1.2
35	2.08	138	170	0.74	85.2	1.09	0.0485	0.0029	0.2	0.0785	0.0047	0.0117	0.0002	0.1	0.0037	0.0001	124	137	75	1	77	4	75	2	2	64	75.1	1.0

Rho1 – ошибка корреляции отношений ²⁰⁷Pb/²³⁵U и ²⁰⁶Pb/²³⁸U

Rho2 – ошибка корреляции отношений ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb и ²³⁸U/²⁰⁶Pb

D1 – дискордия между ²⁰⁷Pb/²³⁵U и ²⁰⁶Pb/²³⁸U возрастом

D2 – дискордия между ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb и ²³⁸U/²⁰⁶Pb возрастом

Аналитик: В.Б. Хубанов (ГИ СО РАН, г. Улан-Удэ)

Таблица Б.3. Результаты U-Pb изотопных исследований циркона из гранитоидов гармандинского комплекса Эвенского рудного района (месторождение Перекатное, проба UPB232021; методом LA-ICP-MS); аналитические данные к рис. 11г.

№	Pb, г/г	Th, г/г	U, г/г	Th/U	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	Rho2	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	Rho1	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	±1σ	возраст, ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	возраст, ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	возраст, ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	возраст, ²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	±1σ	D1, %	D2, %	возраст, ²⁰⁷ PbCorr	±1σ
1	10	848	772	1.00	82.9	0.8237	0.0514	0.0012	0.3	0.0855	0.0019	0.0121	0.0001	0.1	0.0035	0.0001	258	52	77	1	83	2	71	1	8	233	77.0	0.8
2	2	183	159	1.04	75.6	0.9155	0.1288	0.0041	0.3	0.2345	0.0072	0.0132	0.0002	0.1	0.0058	0.0001	2081	56	85	1	214	6	117	2	153	2360	76.0	1.0
3	12	1069	896	1.08	81.0	0.7880	0.0506	0.0011	0.3	0.0861	0.0018	0.0123	0.0001	0.2	0.0036	0.0000	223	49	79	1	84	2	72	1	6	181	78.8	0.8
4	5	298	367	0.73	79.6	0.8875	0.0676	0.0020	0.3	0.1169	0.0033	0.0126	0.0001	0.1	0.0038	0.0001	855	59	81	1	112	3	77	1	40	962	78.4	0.9
5	5	225	361	0.56	82.6	0.8865	0.0535	0.0018	0.2	0.0893	0.0029	0.0121	0.0001	0.1	0.0036	0.0001	351	73	78	1	87	3	73	2	12	352	77.0	0.8
6	4	179	310	0.52	80.5	0.9061	0.0486	0.0019	0.2	0.0833	0.0031	0.0124	0.0001	0.1	0.0036	0.0001	130	88	80	1	81	3	72	2	2	64	79.5	0.9
7	8	575	598	0.86	81.8	0.8691	0.0511	0.0013	0.3	0.0862	0.0022	0.0122	0.0001	0.1	0.0037	0.0001	247	59	78	1	84	2	74	1	7	216	78.0	0.8
8	4	345	345	0.90	83.9	0.9149	0.0521	0.0019	0.2	0.0856	0.0030	0.0119	0.0001	0.1	0.0036	0.0001	289	80	76	1	83	3	72	1	9	279	76.0	0.8
9	5	453	408	1.00	81.0	0.8537	0.0803	0.0021	0.3	0.1365	0.0034	0.0123	0.0001	0.1	0.0035	0.0001	1204	50	79	1	130	3	71	1	64	1424	75.8	0.8
10	1	80	104	0.69	80.3	1.1594	0.0712	0.0049	0.2	0.1223	0.0082	0.0125	0.0002	0.0	0.0050	0.0002	964	134	80	1	117	7	100	4	47	1108	77.5	1.2
11	2	157	193	0.74	82.0	1.0078	0.0728	0.0031	0.2	0.1224	0.0051	0.0122	0.0002	0.1	0.0044	0.0001	1008	84	78	1	117	5	89	2	50	1191	75.7	1.0
12	2	129	156	0.76	81.1	1.0524	0.0755	0.0035	0.2	0.1283	0.0058	0.0123	0.0002	0.1	0.0046	0.0001	1082	91	79	1	123	5	93	2	55	1269	76.2	1.0
13	3	256	248	0.95	81.0	0.9194	0.0621	0.0024	0.2	0.1056	0.0040	0.0123	0.0001	0.1	0.0037	0.0001	677	81	79	1	102	4	75	2	29	757	77.6	0.9
14	6	530	499	0.98	83.3	0.9013	0.0516	0.0016	0.2	0.0853	0.0025	0.0120	0.0001	0.1	0.0035	0.0001	266	67	77	1	83	2	70	1	8	245	76.6	0.8
15	6	412	444	0.86	81.3	0.8593	0.0574	0.0017	0.3	0.0974	0.0028	0.0123	0.0001	0.1	0.0039	0.0001	507	65	79	1	94	3	78	1	20	543	77.8	0.8
16	5	345	394	0.79	82.3	0.8806	0.0545	0.0018	0.2	0.0913	0.0029	0.0122	0.0001	0.1	0.0038	0.0001	393	71	78	1	89	3	76	1	14	405	77.2	0.8
17	2	153	169	0.81	82.2	1.0821	0.0586	0.0031	0.2	0.0983	0.0052	0.0122	0.0002	0.1	0.0038	0.0001	554	112	78	1	95	5	77	2	22	611	76.8	1.1
18	6	463	465	0.87	81.7	0.8677	0.0519	0.0015	0.2	0.0875	0.0025	0.0122	0.0001	0.1	0.0037	0.0001	280	66	78	1	85	2	75	1	9	257	78.0	0.8
19	7	566	563	0.87	81.6	0.8649	0.0531	0.0015	0.3	0.0899	0.0024	0.0123	0.0001	0.1	0.0035	0.0001	335	61	79	1	87	2	71	1	11	326	78.0	0.8
20	5	442	447	0.85	83.0	0.8953	0.0502	0.0016	0.2	0.0835	0.0026	0.0121	0.0001	0.1	0.0035	0.0001	206	73	77	1	81	2	71	1	5	167	77.0	0.8
21	4	210	322	0.56	83.5	0.9755	0.0512	0.0020	0.2	0.0846	0.0033	0.0120	0.0001	0.1	0.0036	0.0001	251	89	77	1	83	3	72	2	7	226	76.4	0.9
22	7	541	555	0.85	83.1	0.8968	0.0515	0.0015	0.2	0.0855	0.0024	0.0120	0.0001	0.1	0.0035	0.0001	263	65	77	1	83	2	71	1	8	240	76.8	0.8
23	2	163	168	0.85	79.4	1.0078	0.0648	0.0034	0.2	0.1125	0.0058	0.0126	0.0002	0.1	0.0042	0.0001	767	107	81	1	108	5	85	2	34	850	79.0	1.1
24	6	502	487	0.91	84.2	0.9227	0.0556	0.0017	0.2	0.0910	0.0027	0.0119	0.0001	0.1	0.0035	0.0001	437	65	76	1	88	2	71	1	16	474	75.3	0.8
25	4	275	297	0.83	81.4	0.9284	0.0565	0.0022	0.2	0.0956	0.0036	0.0123	0.0001	0.1	0.0035	0.0001	470	83	79	1	93	3	71	2	18	497	77.8	0.9
26	1	98	108	0.83	83.3	1.2479	0.0610	0.0047	0.2	0.1010	0.0077	0.0120	0.0002	0.0	0.0038	0.0002	639	157	77	1	98	7	76	3	27	731	75.7	1.2
27	5	344	426	0.74	83.5	0.9771	0.0523	0.0018	0.2	0.0863	0.0028	0.0120	0.0001	0.1	0.0035	0.0001	297	75	77	1	84	3	71	2	10	287	76.3	0.9
28	6	431	429	0.93	80.6	0.9105	0.0515	0.0017	0.2	0.0880	0.0028	0.0124	0.0001	0.1	0.0035	0.0001	263	73	79	1	86	3	71	2	8	231	79.1	0.9
29	3	196	205	0.89	83.1	1.1037	0.0545	0.0028	0.2	0.0906	0.0046	0.0120	0.0002	0.1	0.0033	0.0001	393	111	77	1	88	4	67	2	14	409	76.5	1.0
30	6	340	444	0.71	82.8	0.9594	0.0535	0.0017	0.2	0.0892	0.0028	0.0121	0.0001	0.1	0.0033	0.0001	351	70	77	1	87	3	67	2	12	353	76.8	0.9
31	4	145	289	0.48	81.6	0.9996	0.0571	0.0021	0.2	0.0965	0.0035	0.0123	0.0002	0.1	0.0036	0.0001	496	81	79	1	94	3	72	2	19	532	77.5	1.0
32	8	608	578	1.01	83.2	0.8998	0.0527	0.0015	0.3	0.0874	0.0024	0.0120	0.0001	0.1	0.0033	0.0001	317	64	77	1	85	2	67	1	11	311	76.5	0.8
33	6	472	491	0.93	83.4	0.9043	0.0521	0.0016	0.3	0.0861	0.0025	0.0120	0.0001	0.1	0.0035	0.0001	290	68	77	1	84	2	70	2	9	277	76.4	0.8
34	2	142	151	0.91	81.6	1.0645	0.0552	0.0033	0.2	0.0934	0.0055	0.0123	0.0002	0.0	0.0035	0.0001	422	128	79	1	91	5	71	2	16	437	77.8	1.1
35	1	35	67	0.50	80.3	1.3526	0.0717	0.0059	0.2	0.1233	0.0099	0.0125	0.0002	0.0	0.0048	0.0003	978	158	80	1	118	9	97	6	48	1125	77.4	1.4

Rho1 – ошибка корреляции отношений ²⁰⁷Pb/²³⁵U и ²⁰⁶Pb/²³⁸U

Rho2 – ошибка корреляции отношений ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb и ²³⁸U/²⁰⁶Pb

D1 – дискордия между ²⁰⁷Pb/²³⁵U и ²⁰⁶Pb/²³⁸U возрастом

D2 – дискордия между ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb и ²³⁸U/²⁰⁶Pb возрастом

Аналитик: В.Б. Хубанов (ГИ СО РАН, г. Улан-Удэ)

Таблица Б.4. Материалы изотопного датирования U-Pb методом по циркону меловых гранитоидных интрузий ОЧВП и оперяющих его структур.

№ п/п	№ образца	Рудный участок	Координаты точки отбора пробы		Метод датирования	Место отбора	Порода	Интрузивный комплекс	Данные по материалам	Возраст, млн лет	Ошибка, ±
			Долгота	Широта							
1	511		61.85	161.19	SHRIMP-II	п-в Тайгонос	двуслюдяной гранит	авековский(?)	Akinin et al., 2020	89.0	1.0
2	8		61.84072	159.4003	SHRIMP-II	п-в Тайгонос	кварцевый диорит	авековский(?)	Akinin et al., 2020	90.0	1.1
3	507		61.85714	161.1937	SHRIMP-II	п-в Тайгонос	двуслюдяной гранит	авековский(?)	Akinin et al., 2020	92.0	1.0
4	4557-IZ-75		62.01111111	161.0558333	SHRIMP-II	п-в Тайгонос	гранит	авековский(?)	Akinin et al., 2020	94.0	1.6
5	M-223-1		60.94166667	160.4130556	SHRIMP-RG	п-в Тайгонос	гранодиорит	авековский(?)	Hourigan, 2003	97.0	1.1
6	91		62.76185	162.63114	SHRIMP-II	п-в Тайгонос	диорит	авековский(?)	Akinin et al., 2020	88.7	0.8
7	258-1		62.72826	162.99499	SHRIMP-II	п-в Тайгонос	габбро	авековский(?)	Akinin et al., 2020	100.1	0.7
8	81		62.73476	162.93472	SHRIMP-II	п-в Тайгонос	гранит	авековский(?)	Akinin et al., 2020	101.5	0.8
9	GRUPB1	Горный [34]	63.38836863	160.7518175	LA-ICP-MS	Пенжинский сегмент	гранодиорит	ахавеемский	Приименко В.В.	85.0	2.0
10	UPB212021	Невенрекан [19]	62.25373998	159.273817	LA-ICP-MS	Пенжинский сегмент, Туромчинская ВТД	кварцевый монзонит	ахавеемский	Приименко и др., 2023б	77.0	1.0
11	ALUPB2	Альдигич [3]	62.29421703	160.074453	LA-ICP-MS	Пенжинский сегмент, Туромчинская ВТД	диорит	ахавеемский	Приименко В.В.	77.0	2.0
12	ALUPB	Альдигич [4]	62.31249142	160.0387083	LA-ICP-MS	Пенжинский сегмент, Туромчинская ВТД	гранодиорит	ахавеемский	Приименко В.В.	83.0	2.0
13	UPB192021	Туромча [15]	62.40411241	159.7418943	LA-ICP-MS	Пенжинский сегмент, Туромчинская ВТД	гранодиорит	ахавеемский	Приименко В.В.	79.0	2.0
14	UPB232021	Перекастное [22]	62.20899898	159.347674	LA-ICP-MS	Пенжинский сегмент, Туромчинская ВТД	гранодиорит	ахавеемский	Приименко и др., 2023б	77.0	1.0
15	Perekatnoe	Перекастное	62.206	159.312	Ar-Ar	Пенжинский сегмент, Туромчинская ВТД	гранодиорит?	гармандинский	Приименко и др., 2022б	90.0*	2.0
16	4	Мрачный	63.14194444	158.2255556	SHRIMP-II	Конгинская зона	гранит	викторинский	Akinin et al., 2020	78.5	0.7
17	BUPB	Бодрый [1]	64.33196297	158.137285	LA-ICP-MS	Конгинская зона	гранодиорит	викторинский	Приименко В.В.	80.0	2.0
18	1K	Кустики/Седое [31]	63.7336111	158.3816667	TIMS	Конгинская зона	монзонит	викторинский	Глухов и др., 2022	86.0	1.0
19	LBUPB3,4	Лабазный [30]	63.95440663	159.7366043	LA-ICP-MS	Конгинская зона	кварцевый диорит	викторинский	Приименко В.В.	86.0	2.0
20	1Z	Захаренко [27]	64.1016667	159.8941667	TIMS	Конгинская зона	гранодиорит	викторинский	Глухов и др., 2022	86.4	0.3
21	10101		63.6048	157.054	SHRIMP-II	Коркодон-Наяханская зона	гранодиорит	наяханский	Akinin et al., 2020	84.0	1.0
22	10122		63.5528	157.036	SHRIMP-II	Коркодон-Наяханская зона	кварцевый диорит	наяханский	Akinin et al., 2020	86.0	1.0
23	LO-1		62.56666667	155.8333333	SHRIMP-II	Омсукчанская зона	лейкогранит	омсукчанский	Akinin et al., 2020	81.7	0.81
24	OM18		62.13444444	155.1730556	SHRIMP-RG	Омсукчанская зона	гранит	омсукчанский	Акинин, Миллер, 2011	82.5	2.0
25	Ш-3017		62.26138889	155.4991667	SHRIMP-II	Омсукчанская зона	лейкогранит	омсукчанский	Akinin et al., 2020	83.0	1.0
26	101-5		62.58194444	155.2666667	SHRIMP-RG	Омсукчанская зона	гранит	омсукчанский	Акинин, Миллер, 2011	84.0	0.8
27	8605/1		63.43530747	155.2637088	SHRIMP-II	Омсукчанская зона	гранодиорит	омсукчанский	Akinin et al., 2020	84.8	1.1
28	МАК1		62.11944444	155.1533333	SHRIMP-II	Омсукчанская зона	лейкогранит	омсукчанский	Akinin et al., 2020	85.17	0.85
29	8060/16		63.34302974	155.2060083	SHRIMP-II	Омсукчанская зона	гранодиорит	омсукчанский	Akinin et al., 2020	85.8	1.2

*интерпретационный возраст гранитоидов, с которыми парагенетически связано золото-редкометалльное оруденение в квадратных скобках – порядковый номер образца, по которому выполнен химический анализ (см. табл. А.1, приложение А).

Таблица Б.5. Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ анализа адуляра из адуляр-кварцевой жилы золото-серебряного месторождения Невенрекан (обр. TR18-002).

T°C	t, min	$^{40}\text{Ar}, 10^{-9} \text{ cm}^3 \text{ STP}$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	$^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	$^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	Ca/K	$\Sigma^{39}\text{Ar}, (\%)$	Age, Ma	$\pm 1\sigma$
TR18-002- (87, 45 мг)														
J = 0.004805 +- 0.000060														
500	10	27.1	17.279	0.222	0.0280	0.0018	0.0536	0.0708	0.0555	0.0013	0.193	1.6	7.63	500
600	10	69.7	10.622	0.013	0.0102	0.0004	0.0018	0.0111	0.0050	0.0004	0.007	8.1	77.60	600
700	10	69.6	10.064	0.008	0.0086	0.0004	0.0014	0.0029	0.0044	0.0002	0.005	15.0	74.54	700
800	10	150.8	9.806	0.018	0.0101	0.0003	0.0002	0.0059	0.0017	0.0001	0.001	30.3	78.79	800
900	10	184.1	9.746	0.007	0.0102	0.0002	0.0006	0.0016	0.0014	0.0001	0.002	49.1	79.04	900
980	10	254.1	9.841	0.013	0.0144	0.0002	0.0108	0.0063	0.0010	0.0002	0.039	74.8	80.9	980
1050	10	56.7	9.954	0.018	0.0126	0.0006	0.0303	0.0252	0.0028	0.0006	0.109	80.4	77.4	1050
1150	10	97.2	10.119	0.029	0.0118	0.0007	0.0493	0.0402	0.0029	0.0008	0.177	90.0	78.5	1150
1250	10	107.7	10.687	0.015	0.0122	0.0008	0.0352	0.0149	0.0042	0.0003	0.127	100.0	80.2	1250

Таблица Б.6. Рудно-магматические системы Охотско-Чаунской металлогенической провинции в эволюционной схеме ОЧВП; геолого-геохронологические данные.

Импульсы магматической активности (млн лет) ¹		1. андезитовый (106–89)	2. андезитовый; базальты, туфоконгломераты, песчаники (94–89)	3. дацит-риодацитовый; туфы (89–85)	4. андезибазальтовый (85–83)	5. риолитовый (83–81)	6. «верхние базальты» (79–76)	
Этапы формирования ОЧВП ^{3,4}		ранний этап			поздний этап		отдельный этап растяжения ⁴	
Смена фронтальной субдукции на косую ^{5,6}		101–85 млн лет (направление движения на северо-запад)			85–74 млн лет (направление движения на запад)			
Стратиграфические подразделения Эвенского и Магаданского района ОЧВП (свита, толща) ²		нанкалинская	тайночинская, кегалинская <i>нараулийская</i> (нанкалинская), <i>арманская</i>	вархаламская <i>хольчанская</i>	туромчинская <i>ульнская</i>	хайчанская <i>ольская</i>	уйканская <i>мыгдыкитская</i>	
Рудно-магматические системы	золото-серебряные (LS)	<p>ОЧВП рудные, Ar/Ar, адуляр, млн лет</p> <p><u>Охотский сегмент</u></p> <p>Ойра 76.08±0.3¹⁵ 93¹⁷</p> <p>Нявленга 93.68±0.2¹⁵</p> <p><u>Центрально-Чукотский сегмент</u></p> <p>Юрьевское 91–99¹⁷</p> <p>Купол 93±1²¹</p>			<p>ОЧВП рудные, адуляр, млн лет</p> <p><u>Пенжинский сегмент</u></p> <p>Невенрекан 79.4±1¹⁹-Ar/Ar</p> <p>Дальнее 80±0.5¹²-Rb-Sr 77±3¹²-Rb-Sr</p> <p>Сопка-Кварцевая 78.6 ±0.2¹⁵-Ar/Ar 80.4±0.2¹⁵-Ar/Ar 80±2¹⁵-K-Ar</p> <p>Ирбычан 82.45±0.2¹⁵-Ar/Ar</p> <p>Кегали 79.92±0.2¹⁵-Ar/Ar</p> <p><u>Охотский сегмент, Ar/Ar</u></p> <p>Карамкен 78.6±0.2¹⁶ 78.88±0.2¹⁵ 78.42±0.2¹⁵</p> <p>Утесное 81¹⁷</p> <p>Валунистое 71.6±0.2¹⁵ 71.97±0.2¹⁵ 75–80¹⁷</p>			

Продолжение табл. Б.б.

Импульсы магматической активности (млн лет) ¹	1. андезитовый (106–89)	2. андезитовый; базальты, туфоконгломераты, песчаники (94–89)	3. дацит-риодацитовый; туфы (89–85)	4. андезибазальтовый (85–83)	5. риолитовый (83–81)	6. «верхние базальты» (79–76)
Этапы формирования ОЧВП ^{3,4}	ранний этап			поздний этап		отдельный этап растяжения ⁴
Смена фронтальной субдукции на косую ^{5,6}	101–85 млн лет (направление движения на северо-запад)			85–74 млн лет (направление движения на запад)		
Стратиграфические подразделения Эвенского и Магаданского района ОЧВП (свита, толща) ²	нанкалинская	тайночинская, кегалинская <i>нараулийская</i> (нанкалинская), <i>арманская</i>	вархаламская <i>хольчанская</i>	туромчинская <i>ульнская</i>	хайчанская <i>ольская</i>	уйканская <i>мыгдыкитская</i>
Рудно-магматические системы	медно-порфировые	ОЧВП рудные интрузивные внутренняя зона млн лет <u>Охотский сегмент</u> Усинское 98 ¹³ -Re-Os, молибденит Речной *100 ¹³ Профессорский 100.4 ¹⁸ -Re-Os, *100 ¹⁸ молибденит Уптар *95 ¹³		ОЧВП рудные интрузивные млн лет <u>Анадырский сегмент</u> Ольховское 78±2.6 ²³ -Rb-Sr *78±0.65 ²³ <u>Пенжинский сегмент</u> Туромча ***79±2 <u>Охотский сегмент</u> Пиритовый *85 ¹³		
		<u>Кони-Пьягинский сегмент</u> Тальниковый *94 ^{13,14} Лора 104±5 ⁴ -K-Ar, *103 ¹³ взрывная 104-76 ⁴ -K-Ar брекчия		Конгинская РМЗ рудные интрузивные млн лет Бодрый ***80 Кустики/Седое **86 ⁹ Лабазное 82±2-K-Ar, ***86±2 мусковит Захаренко 87±1 ⁹ -Ar-Ar, **86 ⁹ мусковит		
				Коркодон-Наяханская РМЗ рудные интрузивные млн лет Аксу 84.6±0.5 ^{8,20} -Re-Os, *86±1.3 ^{8,20} молибденит *84±1 ^{8,20}		

Окончание табл. Б.б.

Импульсы магматической активности (млн лет) ¹	1. андезитовый (106–89)	2. андезитовый; базальты, туфоконгломераты, песчаники (94–89)	3. дацит-риодацитовый; туфы (89–85)	4. андезибазальтовый (85–83)	5. риолитовый (83–81)	6. «верхние базальты» (79–76)	
Этапы формирования ОЧВП ^{3,4}	ранний этап			поздний этап		отдельный этап растяжения ⁴	
Смена фронтальной субдукции на косую ^{5,6}	101–85 млн лет (направление движения на северо-запад)			85–74 млн лет (направление движения на запад)			
Стратиграфические подразделения Эвенского и Магаданского района ОЧВП (свита, толща) ²	нанкалинская	тайночинская, кегалинская нараулийская (нанкалинская), арманская	вархаламская хольчанская	туромчинская улынская	хайчанская ольская	уйканская мыгдыкитская	
Рудно-магматические системы	золото-редкометалльные	ОЧВП рудные млн лет <u>Пенжинский сегмент</u> Перекатное 89±2-Ag-Ag, мусковит внутренняя зона <u>Охотский сегмент, K-Ag</u> Тэутэджак 103 ¹⁰ Волочек 105 ¹¹ Верхне-Семканское 105 ¹¹			ОЧВП рудные, Ag-Ag, мусковит, млн лет <u>Охотский сегмент</u> Бутугычаг 78 ²² Контактовое 79.8 ¹⁷ Чагьданское 80.5±0.4 ¹⁷ Штурмовское * 82 ²² Ачча * 83 ²²		
					Омсукчанская РЗ рудные, Ag-Ag, млн лет Невское и др. 84.5±0.5 ¹⁷		

Примечание. Импульсы магматической активности (их возрастные интервалы) и соответствующие им вулканогенные и вулканогенно-осадочные свиты, толщи, по: ¹ – Акинин, Миллер, 2011; ² – Решения..., 2009. Этапы формирования ОЧВП и соответствующие им геодинамические обстановки, по: ³ – Белый, 1994; ⁴ – Котляр, Русакова, 2004; ⁵ – Engebretson et al., 1985; ⁶ – Парфенов и др., 2003.

Результаты изотопного датирования рудных тел месторождений и вмещающих гранитоидных интрузий, по: ⁷ – Акинин и др., 2019; ⁸ – Акинин и др., 2021; ⁹ – Глухов и др. 2022; ¹⁰ – Горячев, 2005; ¹¹ – Горячев и др., 2013; ¹² – Кравцова, 2010; ¹³ – Колова и др., 2022; ¹⁴ – Колова и др., 2023; ¹⁵ – Лейер и др., 1996; ¹⁶ – Лейер и др., 1997; ¹⁷ – Ньюберри и др., 2000; ¹⁸ – Пачерский и др., 2021; ¹⁹ – Приймак и др., 2022а; ²⁰ – Соцкая и др., 2021; ²¹ – Thomson et al., 2022; ²² – Voroshin et al., 2004; ²³ – Rogacheva, Baksheev, 2010.

*SHRIMP, **TIMS, ***LA-ICP-MS – U-Pb датирование по цирконам.

Двойная линия – граница раннего и позднего этапов развития ОЧВП, по (Белый, 1977-1994).

Таблица Б.7. Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ анализа по мусковиту из мусковит-кварцевых жильных сростков золото-редкометалльного месторождения Перекатное (обр. P-1 и P-1-1).

T°C	t, min	^{40}Ar , 10^{-9} cm ³ STP	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	$^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	$^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	Ca/K	$\Sigma^{39}\text{Ar}$ (%)	Age, Ma	$\pm 1\sigma$
P-1 мусковит (90.56 мг)														
J=0.006403±0.000107														
600	10	96,8	13,4	0,049	0,033	0,00060	0,14	0,00	0,0146	0,00229	0,5	20,3	102,0	7,6
700	10	226,8	15,0	0,024	0,023	0,00027	0,075	0,002	0,0241	0,00142	0,3	62,8	88,7	4,8
800	10	113,4	19,7	0,036	0,032	0,00076	0,19	0,02	0,0425	0,00178	0,7	79,0	81,3	5,9
900	10	44,3	8,6	0,030	0,022	0,00048	0,52	0,01	0,0038	0,00332	1,9	93,5	84,1	10,9
1000	10	13,7	8,5	0,062	0,029	0,00268	0,89	0,05	0,0110	0,00716	3,2	98,0	60,1	23,7
1150	10	8,5	11,8	0,169	0,050	0,00254	4,80	0,12	0,0174	0,0141	17,3	100,0	75,8	46,2
P-1 - 127 мусковит (127.54 мг)														
J=0.006347±0.000105														
500	10	274,3	8,2	0,002	0,016	0,00006	0,017	0,002	0,0015	0,00008	0,06	7,2	86,5	1,4
550	10	323,6	7,5	0,002	0,015	0,00003	0,011	0,003	0,0004	0,00011	0,04	16,5	82,3	1,4
600	10	528,5	8,4	0,002	0,015	0,00003	0,013	0,002	0,0007	0,00008	0,05	30,0	91,3	1,5
600	10	378,5	8,4	0,002	0,016	0,00004	0,026	0,003	0,0012	0,00009	0,09	39,7	89,3	1,5
650	10	528,0	8,3	0,002	0,015	0,00004	0,023	0,001	0,0010	0,00011	0,08	53,3	89,1	1,5
700	10	731,4	8,2	0,002	0,015	0,00001	0,029	0,001	0,0008	0,0001	0,10	72,5	88,5	1,5
750	10	339,3	7,8	0,002	0,015	0,00004	0,057	0,003	0,0006	0,00010	0,20	81,8	85,6	1,4
800	10	179,2	7,8	0,002	0,016	0,00008	0,140	0,005	0,0014	0,00014	0,50	86,7	82,9	1,4
900	10	245,6	8,8	0,002	0,016	0,00008	0,414	0,005	0,0043	0,00013	1,49	92,7	83,7	1,4
1000	10	211,8	9,4	0,002	0,017	0,00009	0,499	0,007	0,0065	0,00014	1,80	97,5	83,3	1,4
1065	10	94,6	10,8	0,004	0,020	0,00025	1,166	0,013	0,0116	0,00035	4,20	99,4	82,8	1,8
1130	10	35,1	12,7	0,010	0,020	0,00048	2,833	0,053	0,0203	0,0007	10,2	100,0	75,5	2,6

Таблица Б.8. Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ анализа по мусковиту из околожильного филлизита медно-молибден-порфирового рудопроявления Захаренко (обр. ZH-56), по (Глухов и др., 2021).

T°C	t, min	$^{40}\text{Ar}, 10^{-9} \text{ cm}^3 \text{ STP}$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	$^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	$^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	Ca/K	$\Sigma^{39}\text{Ar}, (\%)$	Age, Ma	$\pm 1\sigma$
ZH-56 мусковит (32, 28 мг)														
J=0.005731±0.000087														
500	10	3,5	24,9	0,455	0,015	0,0099	0,03	0,60	0,0074	0,0069	0,109	0,2	220,66	19,41
650	10	14,2	11,4	0,014	0,016	0,0012	0,127	0,03	0,0125	0,0010	0,457	2,3	78,57	3,08
775	10	35,5	9,9	0,012	0,013	0,0006	0,005	0,04	0,0035	0,0006	0,019	8,3	90,16	2,20
875	10	143,8	9,1	0,009	0,010	0,0003	0,001	0,003	0,0012	0,0002	0,004	35,0	87,98	1,39
975	10	214,1	8,9	0,009	0,011	0,0003	0,001	0,005	0,0008	0,0001	0,002	75,4	87,82	1,34
1050	10	25,1	9,4	0,012	0,013	0,0007	0,006	0,016	0,0015	0,0003	0,021	79,9	90,1	1,6
1150	10	27,4	9,5	0,016	0,013	0,0003	0,000	0,011	0,0038	0,0004	0,000	84,8	84,3	1,7
1250	10	82,6	9,2	0,008	0,010	0,0005	0,003	0,013	0,0015	0,0004	0,011	100,0	88,1	1,7

Таблица Б.9. Результаты K/Ar датирования околожильного мусковита медно-молибден-порфирового рудопроявления Лабазное.

№ пробы	Минерал	(K ± σ), %	($^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}, \pm \sigma$), нг/г	(T ± σ), млн лет
LUPb 3,4	мусковит	2.46±0.01	14.2±0.43	82±2

Примечание. Аналитик В.В. Лавренко, анализ выполнен на масс-спектрометре МИ-1201ИГ в СВКНИИ ДВО РАН, Магадан.

**ПРИЛОЖЕНИЕ В. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МИНЕРАЛОВ МЕЛОВЫХ РУД
КОНГИНСКОЙ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ И ЭВЕНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА**

Таблица В.1. Состав сульфидов месторождения Ирбычан.

№ п/п	Номер образца	Сумма	мас. %					Формульные коэффициенты						
Пирит I – Fe_{0,99}S_{2,01}														
			Fe	As	S	Fe	As	S						
1	19	100,00	46,05	-	53,95	2,01	-	2,01						
2	10	100,00	46,33	-	53,67	2,01	-	2,01						
3	13	100,00	47,08	-	52,92	1,99	-	1,99						
4	13	100,00	45,50	-	54,50	2,03	-	2,03						
5	10	100,00	47,39	-	52,61	1,98	-	1,98						
Пирит (сфероидный) II – Fe_{1,00}As_{0,01}S_{1,99}														
6	3	100,87	46,91	0,05	53,91	1,00	-	2,00						
7	3	99,87	46,67	0,70	52,50	1,01	0,01	1,98						
8	19	100,01	45,57	0,86	53,58	0,98	0,01	2,01						
9	10	99,20	45,99	0,23	52,98	1,00	-	1,99						
Пирит (серебросодержащий) – Fe_{1,00}Ag_{0,04}S_{2,00}														
			Ag	Cu	Fe	Sb	Se	S	Ag	Cu	Fe	Sb	Se	S
10	13В	100,70	2,16	-	45,17	-	-	51,51	0,02	-	1,00	-	-	2,00
11	13В	100,55	2,93	-	44,96	-	-	51,14	0,03	-	1,01	-	-	1,99
12	136	99,43	6,04	1,80	41,15	0,53	0,45	49,46	0,07	0,04	0,97	0,01	0,01	2,03
13	136	100,27	11,10	-	40,44	-	1,86	46,51	0,14	-	1,00	-	0,03	2,00
Марказит – Fe_{1,00}As_{0,04}S_{1,96}														
			Fe	As	S	Fe	As	S						
14	19	99,99	45,60	2,47	51,92	0,99	0,04	1,97						
15	3	99,88	45,33	4,07	50,48	1,00	0,07	1,94						
16	10	100,74	46,30	4,87	49,57	1,02	0,08	1,90						
17	3	99,44	44,56	6,09	48,79	1,00	0,10	1,90						
18	13	100,75	47,21	1,16	52,38	1,02	0,02	1,96						
Халькопирит – Cu_{0,99}Fe_{0,99}S_{2,02}														
			Cu	Ag	Fe	S	Cu	Ag	Fe	S				
19	10	100,00	34,67	-	30,94	34,39	1,00	-	1,02	1,98				
20	13	100,00	34,31	-	30,26	35,43	0,99	-	0,99	2,02				
21	13	100,00	33,59	-	30,11	36,3	0,96	-	0,98	2,06				
22	22	98,82	33,67	-	30,49	34,66	0,98	-	1,01	2,00				
23	22	98,78	33,08	-	30,38	34,45	0,97	-	1,01	2,00				

Продолжение табл. В.1.

№ п/п	Номер образца	Сумма	мас. %					Формульные коэффициенты						
<i>Халькопирит (в блеклой руде) – $Cu_{0,97}Ag_{0,01}Fe_{0,98}S_{2,03}$</i>														
24	8	98,62	33,40	0,70	29,02	35,50	0,97	0,01	0,96	2,05				
25	8	99,02	33,16	0,80	30,02	35,04	0,97	0,01	1,00	2,02				
26	8	98,47	32,54	0,91	29,38	35,64	0,95	0,02	0,97	2,06				
27	8	97,68	32,72	1,82	28,50	34,64	0,97	0,03	0,96	2,04				
<i>Сфалерит – $(Zn_{0,95}Fe_{0,04}Cu_{0,01})_{1,00}S_{0,99}$</i>														
			Zn	Fe	Mn	Cu	Cd	S	Zn	Fe	Mn	Cd	Cu	S
28	19	101,70	65,2	1,93	-	0,96	0,05	33,55	0,95	0,03	-	-	0,01	1,00
29	13	100,00	64,17	2,71	-	0,59	-	32,53	0,96	0,05	-	-	0,01	0,99
30	22*	99,29	58,75	3,79	-	2,91	-	32,51	0,89	0,07	-	-	0,05	1,00
31	22*	102,18	59,53	2,8	-	1,28	-	31,75	0,92	0,05	-	-	0,02	1,00
<i>Сфалерит – $(Zn_{0,9}Fe_{0,09}Mn_{0,01})_{1,00}S_{1,00}$</i>														
32	19	100,95	61,59	5,22	0,39	0,21	0,08	33,46	0,90	0,09	0,01	-	-	1,00
<i>Сфалерит – $(Zn_{0,93}Fe_{0,03}Cd_{0,01})S_{1,03}$</i>														
33	136*	97,99	62,82	1,06	-	-	1,03	33,08	0,95	0,02	-	0,01	-	1,02
34	136*	96,25	61,32	0,72	-	-	0,78	33,43	0,94	0,01	-	0,01	-	1,04
35	13В*	97,91	60,15	2,16	-	-	0,66	32,30	0,93	0,04	-	0,01	-	1,02
36	13В*	101,65	56,61	2,29	-	-	-	32,36	0,90	0,04	-	-	-	1,05
<i>Арсенопирит «сернистый» – $Fe_{1,01}As_{0,93}S_{1,05}$</i>														
			Fe	As	S	Fe	As	S	Fe	As	S			
37	13*	100,00	34,07	45,30	19,95	1,00	0,99	1,02	1,00	0,99	1,02			
38	19	99,99	35,36	42,80	20,94	1,02	0,92	1,05	1,02	0,92	1,05			
39	19	100,00	35,53	41,37	22,08	1,02	0,88	1,10	1,02	0,88	1,10			
<i>Арсенопирит «мышьяковистый» – $Fe_{1,02}As_{0,92}S_{1,05}$</i>														
			Fe	As	S	Fe	As	S	Fe	As	S			
40	13*	100,00	34,40	47,70	17,71	1,02	1,06	0,92	1,02	1,06	0,92			
<i>Галенит (в брекчии) – $Pb_{1,04}Se_{0,04}S_{0,92}$</i>														
			Pb	Se	S	Pb	Se	S	Pb	Se	S			
41	13*	100,84	87,33	1,17	12,34	1,03	0,04	0,94	1,03	0,04	0,94			
42	13*	99,48	86,59	1,16	11,73	1,05	0,04	0,92	1,05	0,04	0,92			
43	13*	100,00	87,09	1,45	11,46	1,06	0,05	0,90	1,06	0,05	0,90			
<i>Галенит (в кварц-карбонатной жиле) – $Pb_{1,07}S_{0,93}$</i>														
44	10	100,00	88,09	-	11,91	1,07	-	0,93	1,07	-	0,93			

Окончание табл. В.1.

№ п/п	Номер образца	Сумма	мас. %					Формульные коэффициенты				
<i>Акантит – Ag_{2,06}S_{0,94}</i>												
			Ag	Se	S			Ag	Se	S		
45	10	100,00	89,20	-	10,80			2,13	-	0,87		
46	10	100,00	90,11	-	9,89			2,19	-	0,81		
<i>Селенистый акантит – Ag_{2,15}Se_{0,13}S_{0,72}</i>												
47	10	99,99	90,51	0,33	9,15			2,23	0,01	0,76		
48	10	99,99	92,77	0,87	6,35			2,41	0,03	0,56		
49	13*	100,00	84,29	5,73	9,98			2,01	0,19	0,80		
50	13*	100,00	84,07	6,26	9,67			2,02	0,20	0,78		
51	13*	99,99	85,05	6,21	8,73			2,08	0,21	0,72		
<i>Науманнит - Ag_{2,04}(S_{0,27}Se_{0,69})_{0,96}</i>												
			Ag	Fe	As	Se	S	Ag	Fe	As	Se	S
52	10	100,00	78,41	-	1,04	19,59	0,96	2,14	-	0,04	0,73	0,09
53	10	100,00	77,49	0,47	0,70	20,32	1,02	2,10	0,02	0,03	0,75	0,09
54	13*	100,00	77,82	-	-	19,15	3,03	2,04	-	-	0,69	0,27

Примечание. Аналитик О.Л. Галанкина, анализ выполнен на сканирующем электронном микроскопе JeolJSM-6510LA с энергодисперсионным спектрометром в ИГГД РАН Санкт-Петербург, 2019 г.;* – аналитик Е.М. Горячева, анализ выполнен на микроанализаторе Camebax в Северо-Восточном ЦКП, СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 2020 г.

Таблица В.2. Результаты микрозондового анализа самородного золота месторождения Ирбычан.

№ п/п	Номер образца	Весовые концентрации, %		
		Au	Ag	Сумма
1	8	32.7	66.36	99.06
2	8	33.11	65.46	98.57
3	8	35.21	64.3	99.51
4	8	35.55	62.5	98.05
5	10	40.23	59.77	100
6	13*	42.33	56.09	98.42
7	13*	42.63	56.55	99.18
8	8	43.67	55.84	99.51
9	8	45.79	51.93	97.72
10	13в*	51.39	47.92	99.31
11	13в*	51.58	48.24	99.82
12	13в*	52.8	46.81	99.61
13	13в*	53.3	46.91	100.21
14	8	59.26	40.68	99.94
15	13в*	60.92	37.52	98.44
16	8	66.82	33.4	100.22

Примечание. Аналитик О.Л. Галанкина, анализ выполнен на сканирующем электронном микроскопе JeolJSM-6510LA с энергодисперсионным спектрометром в ИГГД РАН, Санкт-Петербург, 2019 г.; * – аналитик Е.М. Горячева, анализ выполнен на микроанализаторе Camebax в Северо-Восточном ЦКП, СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 2020 г.

Таблица В.3. Состав сульфосолей и блеклых руд месторождения Ирбычан.

№ п/п	Номер образца	Сумма	мас. %							Формульные коэффициенты						
			Ag	Cu	As	Sb	Fe	Zn	S	Ag	Cu	As	Sb	Fe	Zn	S
Fe-фрейбергит – (Ag_{4,72}Cu_{5,58})_{10,3}(Fe_{0,88}Zn_{1,29})_{2,17}(As_{0,52}Sb_{3,77})_{4,29}S_{12,24}																
1	10	99,99	33,67	13,38	1,95	23,87	5,3	2,48	19,34	6,11	4,12	0,51	3,84	1,86	0,74	11,81
2	13	100,01	26,37	19,57	1,70	24,84	0,85	5,56	21,12	4,61	5,81	0,43	3,85	0,29	1,60	12,42
3	13	100,00	24,90	21,05	2,20	23,66	2,53	4,58	21,08	4,29	6,16	0,55	3,62	0,84	1,30	12,23
4	13	99,99	22,48	21,47	2,42	24,95	1,62	5,35	21,70	3,85	6,24	0,60	3,78	0,54	1,51	12,49
Ag-Zn-тетраэдрит – (Ag_{2,99}Cu_{7,07})_{10,06}(Fe_{0,57}Zn_{1,56})_{2,13}(As_{0,58}Sb_{3,74})_{4,32}S_{12,49}																
5	13	100,00	19,03	23,33	1,91	26,09	1,16	6,45	22,03	3,22	6,70	0,46	3,91	0,38	1,80	12,53
6	13	100,00	19,73	23,42	0,83	27,17	2,63	4,74	21,48	3,37	6,79	0,20	4,11	0,87	1,33	12,33
7	13	101,61	18,04	25,87	6,39	20,50	0,74	6,73	23,34	2,90	7,06	1,48	2,92	0,23	1,79	12,62
8	13	100,00	14,99	27,44	0,71	27,25	2,45	4,86	22,30	2,49	7,74	0,17	4,01	0,79	1,33	12,47
Ag-Fe-теннантит-тетраэдрит – (Ag_{0,52}Cu_{8,07})_{8,59}(Fe_{2,64}Zn_{1,21})_{3,85}(As_{1,27}Sb_{2,03})_{3,3}S_{13,26}																
9	13	99,95	7,12	32,12	1,57	24,46	4,17	4,96	25,55	1,10	8,42	0,35	3,35	1,24	1,26	13,28
10	22*	99,86	4,20	33,87	2,61	19,97	7,37	5,77	26,07	0,63	8,57	0,56	2,64	2,12	1,42	13,07
11	22*	101,03	2,62	33,28	1,77	9,27	19,94	2,89	31,26	0,35	7,50	0,34	1,09	5,12	0,63	13,97
12	22*	97,51	-	31,39	18,31	8,11	7,40	6,35	25,95	-	7,77	3,84	1,05	2,08	1,53	12,73
As-полибазит – (Ag_{13,9}Cu_{0,12})_{14,02}(As_{1,74}Sb_{0,29})_{2,03}(Se_{1,09}S_{11,85})_{12,94}																
			Ag	Cu	As	Sb	Se	S	Ag	Cu	As	Sb	Se	S		
13	T-412-1**	100,00	76,85	0,32	6,57	1,18	6,88	8,21	17,84	0,13	2,20	0,24	2,18	6,41		
14	T-412-2**	100,00	60,60	0,43	5,43	2,30	-	31,24	9,97	0,12	1,29	0,34	-	17,29		
Se-полибазит – (Ag_{16,3}Cu_{0,24})_{16,54}Sb_{1,59}(Se_{3,32}S_{7,55})_{10,87}																
			Ag	Cu	Sb	Se	S	Ag	Cu	Sb	Se	S				
15	T-412-1**	100,00	68,69	0,95	8,62	9,37	12,37	15,05	0,35	1,67	2,80	9,12				
16	T-412-1**	100,00	73,43	0,31	7,08	11,75	7,43	17,56	0,13	1,50	3,84	5,98				
Полибазит – (Ag_{16,05}Cu_{0,68}Fe_{0,1})_{16,83}(As_{0,25}Sb_{1,69})_{1,94}(Se_{0,33}S_{9,9})_{10,23}																
			Ag	Cu	Fe	As	Sb	Se	S	Ag	Cu	Fe	As	Sb	Se	S
17	T-412-1**	100,00	78,59	0,67	-	2,09	5,08	-	13,57	17,15	0,25	-	0,66	0,98	-	9,96
18	T-412-1**	100,00	75,25	1,49	0,51	2,69	6,79	-	13,26	16,37	0,55	0,21	0,84	1,31	-	9,71
19	T-412-1**	100,00	76,99	0,77	-	-	10,14	-	12,10	17,44	0,30	-	-	2,04	-	9,22
20	T-412-2**	100,00	76,91	0,34	-	-	8,39	4,43	9,94	17,93	0,13	-	-	1,73	1,41	7,80
21	T-412-2**	100,00	72,74	0,90	-	2,32	8,95	2,46	12,62	16,06	0,34	-	0,74	1,75	0,74	9,37
22	T-412-2**	100,00	81,06	-	-	-	6,69	2,51	9,74	19,08	-	-	-	1,40	0,81	7,71

Окончание табл. В.3.

№ п/п	Номер образца	Сумма	мас. %							Формульные коэффициенты						
			Ag	Cu	Fe	As	Sb	Se	S	Ag	Cu	Fe	As	Sb	Se	S
23	T-412-3**	100,00	67,03	5,51	1,64	-	10,39	-	15,44	13,82	1,93	0,65	-	1,90	-	10,71
24	T-412-3**	100,00	67,07	4,70	-	-	11,22	-	17,00	13,68	1,63	-	-	2,03	-	11,67
25	T-412-3**	100,00	65,61	3,01	-	-	11,87	-	19,51	12,95	1,01	-	-	2,08	-	12,96
<i>Прустит – (Ag_{3,93}Cu_{0,06}Fe_{0,12})_{4,11}(As_{0,54}Sb_{0,1})_{0,64}(Se_{0,16}S_{2,09})_{2,25}</i>																
26	T-412-2**	100,00	74,41	1,48	0,97	8,89	0,00	0,00	14,26	3,73	0,13	0,09	0,64	-	-	2,41
27	T-412-1**	100,00	75,17	-	1,44	5,46	4,00	4,29	9,64	4,12	-	0,15	0,43	0,19	0,32	1,78
<i>Стефанит – Ag_{6,22}Sb_{0,86}S_{2,92}</i>																
28	T-412-1**	100,00	77,17	-	12,05	-	10,79	6,22	-	0,86	-	2,92				
<i>Se-степанит – (Ag_{5,36}Fe_{0,07})_{5,43}Sb_{0,9}(Se_{0,24}S_{3,43})_{3,67}</i>																
29	T-412-1**	100,00	70,46	0,45	13,39	2,29	13,40	5,36	0,07	0,90	0,24	3,43				

Примечание. Аналитик О.Л. Галанкина, анализ выполнен на сканирующем электронном микроскопе JeolJSM-6510LA с энергодисперсионным спектрометром в ИГГД РАН, Санкт-Петербург, 2019 г.;

* – аналитик Е.М. Горячева, анализ выполнен на микроанализаторе Camebax в Северо-Восточном ЦКП, СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 2020 г.;

** – материалы производственного отчета (Шувал-Сергеев, Яковенко, 2017 г.).

Таблица В.4. Результаты микрозондового анализа сульфидов и самородного золота рудопроявления Джелты, по (Глухов и др., 2021е).

№ п/п	Номер образца	Сумма	Весовые концентрации, %						Формульные коэффициенты					
<i>Пирит I – Fe_{1,00}S_{1,99}</i>														
			Fe	As	S				Fe	As	S			
1	93	100,42	46,95	-	53,47				1,01	-	1,99			
2	93	100,41	46,81	-	53,60				1,00	-	2,00			
3	95	99,73	46,91	-	52,82				1,01	-	1,99			
<i>Мельниковит-пирит – Fe_{0,92}Pb_{0,12}S_{1,97}</i>														
			Fe	Pb	S				Fe	Pb	S			
4	95	90,64	35,77	10,51	42,46				0,95	0,08	1,97			
5	95	90,46	36,00	10,26	42,88				0,95	0,07	1,98			
6	95	95,38	40,49	5,84	47,83				0,97	0,04	1,99			
<i>Халькопирит – Cu_{0,97}Fe_{1,01}S_{2,02}</i>														
			Cu	Fe	Pb	S			Cu	Fe	Pb	S		
7	95	100,08	33,54	30,92	-	35,62			0,96	1,01	-	2,03		
8	95	99,96	31,59	28,65	6,30	33,42			0,95	0,99	0,06	2,00		
9	117	100,05	33,99	30,92	-	35,14			0,98	1,01	-	2,01		
<i>Сфалерит – Zn_{0,85}Fe_{0,13}S_{1,01}</i>														
			Cu	Fe	Zn	S			Cu	Fe	Zn	S		
10	116	99,60	2,23	6,24	57,84	33,29			0,03	0,11	0,85	1,00		
11	116	99,80	-	7,18	58,62	34,00			-	0,12	0,86	1,02		
12	116	99,36	-	7,53	57,99	33,84			-	0,13	0,85	1,02		
<i>Галенит Pb_{1,07}S_{0,93}</i>														
			Ag	Cu	Pb	S			Ag	Cu	Pb	S		
13	119	100,00	13,65	-	73,86	12,50			0,29	-	0,82	0,89		
14	119	100,00	17,99	0,78	68,74	12,50			0,37	0,03	0,74	0,87		
15	119	100,00	24,30	-	63,30	12,40			0,49	-	0,67	0,84		
<i>Ag-Fe-тетраэдрит - (Ag_{3,12}Cu_{6,19})_{9,31}(Fe_{0,51}Zn_{1,43})_{1,94}Sb_{3,76}S_{12,77}</i>														
			Ag	Cu	Fe	Zn	Sb	S	Ag	Cu	Fe	Zn	Sb	S
16	95	98,22	17,32	25,35	0,70	6,19	25,16	23,50	2,90	7,20	0,23	1,71	3,73	13,23
17	95	98,46	19,05	24,05	0,52	6,41	25,16	23,27	3,21	6,88	0,17	1,78	3,76	13,20
18	106	98,57	20,10	21,57	1,57	5,01	26,42	22,57	3,38	6,16	0,51	1,39	3,94	12,77
<i>Самородное золото</i>														
			Au	Ag					Au	Ag				
19	93	97,92	53,11	44,81					0,39	0,61				
20	117	98,68	49,27	49,41					0,35	0,65				
21	117	100,59	51,11	49,48					0,36	0,64				

Примечание: Аналитик Е.М. Горячева, анализ выполнен на микроанализаторе Cameбах в Северо-Восточном ЦКП, СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 2020 г.

Таблица В.5. Результаты микрозондового анализа сульфидов и самородного золота месторождения Перекатное.

№ п/п	Номер образца	Сумма	Весовые концентрации, %					Формульные коэффициенты				
			Pb	Bi	Se	Fe	S	Pb	Bi	Se	Fe	S
<i>Галенит – Pb_{1,01}S_{0,99}</i>												
1	3	99,05	86,21	-	-	-	12,84	1,02	-	-	-	0,98
2	3	99,06	86,49	-	-	-	12,57	1,03	-	-	-	0,97
3	3	99,40	86,90	-	-	-	12,50	1,04	-	-	-	0,96
4	7	99,73	74,24	-	-	-	25,48	0,62	-	-	-	1,38
5	7	99,89	84,23	-	-	-	13,19	0,99	-	-	-	1,01
6	7	100,19	84,27	-	-	-	14,09	0,96	-	-	-	1,04
7	7	100,26	73,61	-	-	-	26,65	0,60	-	-	-	1,40
<i>Галенит висмутсодержащий – Pb_{0,97}Bi_{0,02}S_{1,01}</i>												
8	1	99,63	85,17	0,71	-	-	13,76	0,97	0,01	-	-	1,02
9	7	99,65	84,85	0,84	-	-	13,96	0,96	0,01	-	-	1,03
10	136	99,80	83,80	2,01	-	-	13,99	0,95	0,02	-	-	1,03
11	1	99,96	84,98	1,79	-	-	13,18	0,99	0,02	-	-	0,99
12	9	100,18	84,38	2,08	-	-	13,72	0,96	0,02	-	-	1,01
13	7	100,22	85,03	1,32	-	-	13,88	0,97	0,01	-	-	1,02
14	7	100,30	84,79	1,94	-	-	13,57	0,97	0,02	-	-	1,01
15	136	100,43	84,20	3,01	-	-	13,23	0,98	0,03	-	-	0,99
<i>Галенит селенсодержащий – Pb_{0,97}Se_{0,01}S_{0,98}</i>												
16	9	97,12	82,34	1,32	0,42	-	13,04	0,97	0,02	0,01	-	1,00
17	9	98,62	81,69	-	0,46	3,33	13,15	0,91	-	0,01	0,14	0,94
18	9	100,49	84,66	1,50	0,44	-	13,88	0,96	0,02	0,01	-	1,01
<i>Пирит – Fe_{1,01}S_{1,99}</i>												
			Fe	As	S	Fe	As	S				
19	16	99,96	47,01	-	52,95	1,01	-	1,99				
20	12	99,97	47,06	-	52,91	1,01	-	1,99				
21	9	99,99	46,48	-	53,51	1,00	-	2,00				
22	106	100,01	47,19	-	52,82	1,02	-	1,98				
23	9	100,02	46,67	-	53,35	1,00	-	2,00				
24	9	100,08	46,85	-	53,22	1,01	-	1,99				
25	106	100,12	46,84	-	53,28	1,01	-	1,99				
<i>Мышьяковистый пирит – Fe_{1,00}As_{0,02}S_{1,98}</i>												
26	3	99,92	46,10	1,66	52,17	1,00	0,03	1,97				
27	3	100,35	46,29	1,13	52,93	1,00	0,02	1,99				
28	3	101,28	46,54	1,77	52,97	1,00	0,03	1,98				
29	3	102,52	47,54	0,77	54,21	1,00	0,01	1,99				
30	3	103,27	47,26	1,89	54,12	0,99	0,03	1,98				

№ п/п	Номер образца	Сумма	Весовые концентрации, %				Формульные коэффициенты			
<i>Халькопирит – $Cu_{0,96}Fe_{1,00}S_{2,02}$</i>										
			Cu	Fe	Zn	S	Cu	Fe	Zn	S
31	1	99,72	33,65	30,85	-	35,22	0,97	1,01	-	2,02
32	3	99,79	32,81	31,91	-	35,07	0,95	1,05	-	2,01
33	16	99,85	29,08	28,32	7,28	35,17	0,84	0,93	0,20	2,02
34	9	99,92	33,91	30,87	-	35,14	0,98	1,01	-	2,01
35	3	100,14	33,06	31,63	-	35,45	0,95	1,03	-	2,02
36	9	100,20	33,75	30,6	-	35,85	0,97	1,00	-	2,04
37	106	100,21	30,78	28,12	5,97	35,34	0,89	0,92	0,17	2,02
38	16	100,27	34,03	31,03	-	35,21	0,98	1,02	-	2,01
39	9	100,35	32,90	31,42	-	36,02	0,94	1,02	-	2,04
40	106	100,40	33,90	31,11	-	35,39	0,97	1,02	-	2,01
41	136	100,42	32,81	30,08	-	37,53	0,93	0,97	-	2,10
42	9	100,43	34,17	30,17	-	36,09	0,98	0,98	-	2,04
43	13a	100,44	28,97	28,08	8,07	35,32	0,84	0,92	0,23	2,02
44	16	100,45	33,55	31,21	-	35,69	0,96	1,02	-	2,02
45	9	100,49	33,92	30,45	-	36,12	0,97	0,99	-	2,04
<i>Сфалерит – $Zn_{0,81}Fe_{0,17}S_{1,02}$</i>										
			Fe	Zn	Cd	S	Fe	Zn	Cd	S
46	1	99,85	10,66	55,11	-	34,08	0,18	0,80	-	1,01
47	136	99,90	9,03	57,12	-	33,76	0,15	0,84	-	1,01
48	6	100,03	11,53	53,88	-	34,62	0,20	0,78	-	1,02
49	6	100,04	9,96	55,93	-	34,15	0,17	0,82	-	1,01
50	9	100,04	9,63	56,09	-	34,32	0,16	0,82	-	1,02
51	106	100,07	11,16	54,14	-	34,77	0,19	0,78	-	1,03
52	13a	100,08	10,90	55,17	-	34,02	0,19	0,80	-	1,01
53	6	100,15	11,50	54,10	-	34,55	0,20	0,78	-	1,02
<i>Сфалерит – $Zn_{0,81}(Fe_{0,17}Cd_{0,01})_{0,18}S_{1,01}$</i>										
54	12	99,85	6,63	58,75	0,69	33,77	0,11	0,87	0,01	1,01
55	1	99,86	10,45	55,25	0,49	33,67	0,18	0,81	-	1,01
56	16	99,90	9,78	55,71	0,67	33,74	0,17	0,82	0,01	1,01
57	13a	99,91	11,07	54,37	0,56	33,92	0,19	0,79	-	1,01
58	12	99,95	6,85	58,79	0,73	33,58	0,12	0,87	0,01	1,01
59	136	100,06	9,13	56,17	0,75	34,02	0,16	0,82	0,01	1,02
<i>Арсенопирит – $Fe_{0,01}As_{0,93}S_{1,06}$</i>										
			Fe	As	Sb	S	Fe	As	Sb	S
60	6	99,84	35,59	43,41	-	20,84	1,02	0,93	-	1,04
61	9	99,96	35,47	43,07	-	21,42	1,01	0,92	-	1,07
62	6	99,99	35,15	43,50	-	21,34	1,01	0,93	-	1,06
63	13a	100,00	35,65	43,18	-	21,17	1,02	0,92	-	1,06
64	6	100,07	35,47	42,63	-	21,97	1,01	0,90	-	1,09
65	9	100,07	35,27	43,73	-	21,07	1,01	0,94	-	1,05
66	13a	100,08	36,17	42,79	-	21,12	1,03	0,91	-	1,05
67	6	100,10	35,72	42,13	-	22,25	1,01	0,89	-	1,10
68	13a	100,10	35,64	43,82	-	20,64	1,03	0,94	-	1,03
69	13a	100,15	35,67	43,06	-	21,42	1,02	0,92	-	1,07

№ п/п	Номер образца	Сумма	Весовые концентрации, %				Формульные коэффициенты						
Арсенопирит – $Fe_{0,01}As_{0,91}Sb_{0,01}S_{1,06}$													
70	13a	100,03	35,40	42,57	0,70	21,37	1,01	0,91	0,01	1,07			
71	9	100,03	34,99	42,15	1,32	21,56	1,00	0,90	0,02	1,08			
72	13a	100,04	36,09	38,76	1,73	23,47	1,02	0,81	0,02	1,15			
73	18	100,16	35,10	44,28	0,79	19,99	1,02	0,96	0,01	1,01			
74	24	100,34	35,53	41,67	2,24	20,9	1,02	0,90	0,03	1,05			
Пирротин – $Fe_{6,97}S_{8,03}$													
			Fe		S		Fe		S				
75	1	99,69	60,49		39,20		7,05		7,95				
76	16	99,80	59,67		40,13		6,91		8,09				
77	9	100,06	60,20		39,86		6,97		8,03				
78	106	100,14	60,80		39,34		7,05		7,95				
Пирротин – $Fe_{0,99}S_{1,01}$													
79	1	99,42	63,00		36,42		1,00		1,00				
80	1	98,92	62,23		36,69		0,99		1,01				
81	1	100,00	61,99		38,01		0,97		1,03				
Станнин (изостаннин) – $Cu_{1,60}(Fe_{1,02}Zn_{0,53})_{1,55}Sn_{0,77}S_{4,08}$													
			Cu	Fe	Zn	Sn	S	Cu	Fe	Zn	Sn	S	
82	6	100,66	25,90	13,70	6,26	23,12	31,68	1,69	1,02	0,40	0,81	4,09	
83	6	98,15	23,75	13,31	8,60	21,54	30,95	1,58	1,01	0,56	0,77	4,09	
84	6	96,84	24,04	13,33	7,82	21,12	30,53	1,62	1,02	0,51	0,76	4,08	
85	6	98,64	20,08	12,98	12,9	18,11	31,99	1,33	0,98	0,84	0,64	4,21	
Кубанит – $Cu_{0,77}Fe_{2,18}S_{3,05}$													
			Cu		Fe		S		Cu		Fe		S
86	1	95,35	17,40		43,26		34,69		0,77		2,18		3,05
Гессит – $Ag_{2,00}Te_{1,00}$													
			Ag		Te		Ag		Te				
87	10a	88,65	56,41		32,24		2,02		0,98				
88	10a	91,14	57,32		33,82		2,00		1,00				
89	10a	95,55	60,41		35,14		2,01		0,99				
90	10a	97,61	61,02		36,59		1,99		1,01				
91	10a	94,05	59,03		35,02		2,00		1,00				
Самородное золото – $Au_{0,79}Ag_{0,21}$ – среднее значение 864,2													
			Au		Ag		Au		Ag				
92	5	98,97	85,92		13,05		0,78		0,22				
93	5	99,28	86,42		12,86		0,79		0,21				
94	5	99,56	86,71		12,86		0,79		0,21				
95	5	99,94	86,84		13,10		0,78		0,22				
96	10a	99,93	87,50		12,43		0,79		0,21				
97	10a	99,92	87,80		12,12		0,80		0,20				
98	5	101,82	88,27		13,55		0,78		0,22				
99	5	102,75	89,11		13,64		0,78		0,22				

Примечание: Аналитик О.Т. Соцкая, анализ выполнен на микроанализаторе Camebax, в Северо-Восточном ЦКП, СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 2020 г.

Таблица В.6. Результаты микрозондового анализа сульфидов рудопроявления Захаренко (Глухов и др., 2021).

№ п/п	Номер образца	Сумма	Весовые концентрации, %			Формульные коэффициенты						
			<i>Pb</i>	<i>S</i>	<i>Fe</i>	<i>Pb</i>	<i>S</i>					
Галенит – $Pb_{1,04}S_{0,96}$												
			<i>Pb</i>	<i>S</i>	<i>Fe</i>	<i>Pb</i>	<i>S</i>					
1	45	100,00	70,75	29,25	-	0,54	1,46					
2	41	100,24	87,45	12,79	-	1,03	0,97					
3	41	78,55	69,00	9,55	-	1,06	0,94					
4	41	100,25	87,82	12,43	-	1,04	0,96					
5	41	99,68	87,41	12,27	-	1,05	0,95					
6	41	100,0	87,29	12,71	-	1,03	0,97					
Галенит – $(Pb_{0,79}Fe_{0,22})_{1,01}S_{0,98}$												
7	41	84,83	71,43	10,43	2,97	0,95	0,90	0,15				
8	44	100,00	71,98	18,78	9,24	0,63	1,07	0,30				
Пирротин – $Fe_{7,08}S_{7,92}$												
			<i>Fe</i>		<i>S</i>	<i>Fe</i>		<i>S</i>				
9	44	98,57	59,92		38,65	7,06		7,94				
10	44	99,93	60,94		38,99	7,09		7,91				
Пирит – $Fe_{1,00}S_{2,00}$												
			<i>Fe</i>		<i>S</i>	<i>Fe</i>		<i>S</i>				
11	45	100,00	46,17		53,83	0,99		2,01				
12	45	100,00	46,12		53,88	0,99		2,01				
13	44	100,00	46,65		53,35	1,00		2,00				
14	41	99,34	46,81		52,53	1,02		1,98				
15	41	100,00	46,71		53,29	1,00		2,00				
Халькопирит – $Cu_{0,97}Fe_{1,05}S_{1,98}$												
			<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>S</i>				
19	44	100,00	33,61	31,82	34,57	0,97	1,05	1,98				
Сфалерит – $(Zn_{0,78}Fe_{0,2}Mn_{0,03})_{1,01}S_{0,99}$												
			<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Cd</i>	<i>S</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Cd</i>	<i>S</i>
20	41	100,01	54,20	11,24	1,19	0,23	33,15	0,79	0,19	0,02	-	0,99
21	41	100,00	53,20	11,56	1,36	0,47	33,41	0,78	0,20	0,02	-	1,00
22	41	100,00	52,67	11,44	1,94	0,45	33,50	0,77	0,20	0,03	-	1,00
23	41	100,00	52,91	11,56	1,75	0,55	33,23	0,77	0,20	0,03	-	0,99

Примечание: Аналитик О.Т. Соцкая, анализ выполнен на микроанализаторе Camebax, в Северо-Восточном ЦКП, СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 2020 г.

Таблица В.7. Результаты микронзондового анализа самородного золота рудопроявления Захаренко, по (Глухов и др., 2021).

№ п/п	Номер образца	Сумма	Весовые концентрации, %			Формульные коэффициенты		
			<i>Au</i>	<i>Ag</i>	<i>S</i>	<i>Au</i>	<i>Ag</i>	<i>S</i>
Петровскаит – $Au_{0,99}Ag_{0,96}S_{1,05}$								
1	33	100,01	57,62	31,91	10,48	0,96	0,97	1,07
2	33	100,01	59,82	30,29	9,90	1,02	0,94	1,04
Средняя пробность – 668,1 ‰								
3	33	100,00	61,38	38,62	-	0,93	1,07	-
4	33	100,00	61,51	38,49	-	0,93	1,07	-
5	33	100,00	62,29	37,71	-	0,95	1,05	-
6	33	100,00	65,53	34,47	-	1,02	0,98	-
7	33	100,00	66,59	33,41	-	1,04	0,96	-
8	32	100,00	66,71	33,29	-	1,05	0,95	-
9	32	100,00	67,11	32,89	-	1,06	0,94	-
10	33	100,00	67,38	32,62	-	1,06	0,94	-
11	33	100,00	67,70	32,30	-	1,07	0,93	-
12	33	100,00	70,64	29,36	-	1,14	0,86	-
13	32	100,00	71,61	28,39	-	1,16	0,84	-
14	32	100,00	73,23	26,77	-	1,20	0,80	-
Высокопробная кайма – 953,4 ‰								
15	33	100,00	95,34	4,66	-	1,84	0,16	-

Примечание: Аналитик О.Т. Соцкая, анализ выполнен на микроанализаторе Camebax, в Северо-Восточном ЦКП, СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 2020 г.

Таблица В.8. Состав блеклых руд и сульфосолей месторождения Невенреккан (Прийменко и др., 2022б).

№ п/п	Номер образца	Сумма	Весовые концентрации, %							Формульные коэффициенты								
<i>Матильдит – Ag_{1,04}Cu_{0,01}Bi_{0,96}S_{1,99}</i>																		
			Ag	Cu	As	Se	Bi	Sb	S	Ag	Cu	As	Se	Bi	Sb	S		
1	C021-141.7-141.8	100,00	29,30	-	-	-	54,59	-	16,11	1,05	-	-	-	1,01	-	1,94		
2	C021-141.7-141.8	100,01	29,76	0,59	-	-	52,22	-	17,44	1,03	0,04	-	-	0,93	-	2,02		
3	C021-141.7-141.8	100,01	30,10	-	-	-	52,59	-	17,32	1,04	-	-	-	0,94	-	2,02		
<i>Пираргирит – Ag_{3,13}As_{0,02}Sb_{0,98}Se_{0,04}S_{2,82}</i>																		
4	C021-141.7-141.8	99,99	61,38	-	0,86	0,88	-	20,57	16,3	3,14	-	0,06	0,06	-	0,93	2,80		
5	C021-141.7-141.8	100,00	60,96	-	-	0,96	-	21,74	16,34	3,13	-	-	0,07	-	0,99	2,82		
6	C021-141.7-141.8	100,00	60,85	-	1,64	-	-	20,82	16,69	3,09	-	0,12	-	-	0,94	2,85		
<i>Полибазит – Ag_{16,07}Cu_{1,34}Sb_{1,78}Se_{0,22}S_{9,57}</i>																		
7	C021-141.7-141.8	100,00	74,43	3,54	-	-	-	9,02	13,01	16,33	1,32	-	-	-	1,75	9,60		
8	C021-141.7-141.8	99,99	74,14	3,59	-	0,42	-	9,08	12,76	16,31	1,34	-	0,13	-	1,77	9,45		
9	C021-141.7-141.8	100,00	72,28	3,89	-	1,33	-	9,47	13,03	15,77	1,44	-	0,40	-	1,83	9,56		
<i>Ag-тетраэдрит (фрейбергит) – (Ag_{5,53}Cu_{4,92})(Fe_{1,14}Mn_{0,15}Zn_{0,68})(As_{0,22}Sb_{4,06})S_{12,31}</i>																		
			Ag	Cu	As	Fe	Mn	Zn	Sb	S	Ag	Cu	As	Fe	Mn	Zn	Sb	S
10	C021-141.7-141.8	100,00	31,26	16,07	-	5,45	0,38	0,04	26,57	20,23	5,61	4,90	-	1,89	0,13	0,01	4,23	12,22
11	C003-101.7-101.8	100,00	30,51	16,34	1,74	1,13	0,42	4,60	24,61	20,65	5,44	4,95	0,45	0,39	0,15	1,35	3,89	12,39
<i>Аргентотеннантит – (Ag_{4,89}Cu_{5,47})(Fe_{1,92}Mn_{0,11})(As_{0,32}Sb_{4,07})S_{12,23}</i>																		
12	C021-141.7-141.8	99,99	27,77	18,28	1,25	5,64	0,31	0,00	26,11	20,63	4,89	5,47	0,32	1,92	0,11	-	4,07	12,23
<i>Фрейбергит – (Ag_{3,8}Cu_{6,4})(Fe_{1,66}Mn_{0,07}Zn_{0,3})(As_{0,36}Sb_{3,85})S_{12,57}</i>																		
13	C021-141.7-141.8	100,00	23,67	21,66	0,84	6,11	0,26	-	25,54	21,92	4,03	6,26	0,21	2,01	0,09	-	3,85	12,56
14	C021-141.7-141.8	99,99	20,37	22,60	0,57	1,86	-	4,79	27,45	22,35	3,46	6,52	0,14	0,61	-	1,34	4,13	12,78
15	C021-141.7-141.8	100,00	23,59	20,96	1,75	5,42	0,40	0,30	25,85	21,73	4,04	6,09	0,43	1,79	0,13	0,08	3,92	12,51
16	C021-141.7-141.8	99,99	22,69	21,35	1,45	6,08	0,60	-	25,73	22,09	3,85	6,14	0,35	1,99	0,20	-	3,86	12,60

Примечание. Аналитик О.Л. Галанкина, анализ выполнен на сканирующем электронном микроскопе JeolJSM-6510LA с энергодисперсионным спектрометром в ИГГД РАН Санкт-Петербург, 2019 г.

Таблица В.9. Состав сульфидов месторождения Невенрекан (Прийменко и др., 2022б).

№ п/п	Номер образца	Сумма	Весовые концентрации, %					Формульные коэффициенты						
<i>Галенит – Pb_{1,05} Fe_{0,01} Se_{0,05} S_{0,85}</i>														
			Pb	S	Se	Fe	Ag	Pb	S	Se	Fe	Ag		
1	C003-101.7-101.8	100,00	85,53	14,47	-	-	-	0,96	1,05	-	-	-		
2	C003-101.7-101.8	100,00	86,00	11,46	2,54	-	-	1,03	0,89	0,08	-	-		
3	C003-101.7-101.8	100,00	86,88	10,31	2,81	-	-	1,08	0,83	0,09	-	-		
4	C003-101.7-101.8	100,00	86,50	9,78	3,72	-	-	1,08	0,79	0,12	-	-		
5	C021-139.3-139.4	100,00	85,45	11,21	1,62	1,72	-	1,01	0,86	0,05	0,08	-		
6	C021-141.7-141.8	99,99	85,40	11,56	2,19	0,84	-	1,01	0,88	0,07	0,04	-		
<i>Пирит – Fe_{0,99} S_{2,01}</i>														
			Fe	As	Zn	Mn	Cu	S	Fe	As	Zn	Mn	Cu	S
7	C003-101.7-101.8	100,00	46,00	-	-	-	-	54,00	0,99	-	-	-	-	2,01
8	C021-141.7-141.8	100,00	46,73	-	-	-	-	53,27	1,00	-	-	-	-	2,00
9	C021-141.7-141.8	100,00	46,04	-	-	-	-	53,96	0,99	-	-	-	-	2,01
<i>Мышьяковистый пирит – Fe_{1,00} As_{0,02} S_{1,98}</i>														
10	C003-101.7-101.8	100,00	44,49	5,11	-	-	-	50,4	0,98	0,08	-	-	-	1,94
11	C021-139.3-139.4	100,00	47,20	0,48	-	-	-	52,32	1,02	0,01	-	-	-	1,97
12	C021-139.3-139.4	100,00	47,64	1,20	-	-	-	51,16	1,04	0,02	-	-	-	1,94
13	C021-141.7-141.8	100,00	46,23	0,73	-	-	-	53,04	1,00	0,01	-	-	-	1,99
14	C021-141.7-141.8	100,00	45,83	1,26	-	-	-	52,91	0,99	0,02	-	-	-	1,99

№ п/п	Номер образца	Сумма	Весовые концентрации, %						Формульные коэффициенты					
<i>Халькопирит – $Cu_{0,95}Fe_{0,94}S_{2,11}$</i>														
			Fe	As	Zn	Mn	Cu	S	Fe	As	Zn	Mn	Cu	S
15	C003-101.7-101.8 м	100,00	26,85	-	-	-	31,51	41,64	0,85	-	-	-	0,88	2,28
16	C021-139.3-139.4	100,00	31,12	-	-	-	35,54	33,34	1,04	-	-	-	1,04	1,93
<i>Сфалерит – $Zn_{0,84}Mn_{0,13}Fe_{0,02}S_{1,01}$</i>														
17	C003-101.7-101.8 м	100,00	2,01	-	55,77	8,37	-	33,85	0,03	-	0,81	0,15	-	1,01
18	C003-101.7-101.8 м	99,99	2,39	-	56,71	7,19	-	33,70	0,04	-	0,83	0,13	-	1,00
19	C003-101.7-101.8 м	100,01	0,65	-	59,64	5,59	-	34,13	0,01	-	0,87	0,10	-	1,02
<i>Селеноканфилдит – $(Ag_{6,35}Se_{1,64})Sn_{1,35}S_{5,65}$</i>														
			Ag	Sn	As	Se	S	Ag	Sn	As	Se	S		
20	C003-101.7-101.8 м	100,00	69,00	9,99	-	11,55	9,46	8,23	1,08	-	1,88	3,80		
21	C003-101.7-101.8 м	100,00	62,53	12,95	-	9,98	14,54	6,85	1,29	-	1,49	5,36		
22	C003-101.7-101.8 м	100,00	52,55	16,91	-	10,12	20,42	5,24	1,53	-	1,38	6,85		
23	C021-139.3-139.4	100,00	73,31	8,78	-	6,24	11,67	8,52	0,93	-	0,99	4,56		
24	C003-101.7-101.8	100,00	47,75	16,64	-	16,67	18,94	4,80	1,52	-	2,29	6,40		
25	C003-101.7-101.8	100,00	53,67	16,69	-	11,94	17,70	5,56	1,57	-	1,69	6,17		
26	C003-101.7-101.8	100,00	67,12	10,36	-	9,32	12,29	7,68	1,08	-	1,46	4,73		
<i>Канфилдит – $(Ag_{6,57}Se_{0,19})Sn_{1,21}S_{7,02}$</i>														
27	C021-141.7-141.8	100,00	60,55	14,78	-	1,42	23,25	5,89	1,31	-	0,19	7,61		
28	C021-141.7-141.8	100,01	60,82	14,79	-	1,50	22,90	5,95	1,31	-	0,20	7,54		
29	C021-141.7-141.8	100,01	61,75	13,85	-	1,78	22,63	6,06	1,23	-	0,24	7,47		
30	C021-141.7-141.8	100,00	69,02	11,44	-	1,59	17,95	7,29	1,10	-	0,23	6,38		
31	C021-141.7-141.8	99,99	66,82	12,95	-	1,02	19,20	6,93	1,22	-	0,14	6,70		
32	C021-141.7-141.8	99,99	69,36	11,51	-	1,08	18,04	7,33	1,10	-	0,16	6,41		

№ п/п	Номер образца	Сумма	Весовые концентрации, %					Формульные коэффициенты								
<i>Агвиларит – Ag_{4,16}Se_{1,08}S_{0,76}</i>																
			Ag	Sn	As	Se	S	Ag	Sn	As	Se	S				
33	C021-139.3-139.4	100,00	79,31	-	-	18,33	2,36	4,24	-	-	1,34	0,42				
34	C021_141.7-141.8	100,00	81,48	-	-	13,18	5,34	4,16	-	-	0,92	0,92				
35	C021_141.7-141.8	99,99	80,21	-	-	14,31	5,47	4,07	-	-	0,99	0,93				
<i>Станнин(изостаннин) – Cu_{1,96}(Fe_{0,15}Zn_{0,72}Mn_{0,12})Sn_{1,05}As_{0,01}S_{3,98}</i>																
			Cu	Fe	Mn	Zn	Sn	As	S	Cu	Fe	Mn	Zn	Sn	As	S
36	C003_101.7-101.8 м	100,00	27,80	1,95	1,47	10,59	28,94	0,26	28,99	1,93	0,15	0,12	0,71	1,08	0,02	3,99
37	C003_101.7-101.8 м	99,99	28,18	2,03	1,41	11,34	27,72	0,17	29,14	1,95	0,16	0,11	0,76	1,02	0,01	3,99
38	C003_101.7-101.8 м	99,99	28,57	1,95	1,61	10,64	28,54	-	28,68	1,99	0,15	0,13	0,72	1,06	-	3,95
39	C003_101.7-101.8 м	100,00	28,60	1,82	1,65	10,24	28,47	-	29,22	1,98	0,14	0,13	0,69	1,05	-	4,00
<i>Акантит Ag_{1,96} As_{0,01} Se_{0,09} S_{0,94}</i>																
			Ag	As	Se	S	Ag	As	Se	S						
40	C003_101.7-101.8	100,01	81,55	-	4,06	14,40	1,80	-	0,12	1,07						
41	C003-101.7-101.8	99,99	82,24	-	3,90	13,85	1,84	-	0,12	1,04						
42	C021_141.7-141.8	100,00	93,17	-	-	6,83	2,40	-	-	0,59						
43	C003-101.7-101.8	100,00	80,68	0,91	4,13	14,28	1,78	0,03	0,12	1,06						
<i>Ютенбогардит – Au_{0,94}Ag_{2,98}Se_{0,2}S_{1,88}</i>																
			Au	Ag	Se	S	Au	Ag	Se	S						
44	C003-101.7-101.8	100,00	31,83	55,13	2,70	10,34	0,94	2,98	0,20	1,88						

Примечание. Аналитик О.Л. Галанкина, анализ выполнен на сканирующем электронном микроскопе JeolJSM-6510LA с энергодисперсионным спектрометром в ИГД РАН Санкт-Петербург, 2019 г.

Таблица В.10. Состав самородного золота месторождения Невенрекэн (Приименко и др., 2022б).

№ п/п	Номер образца	Сумма	Весовые концентрации, %			Формульные коэффициенты		
			Au	Ag	Fe	Au	Ag	Fe
<i>Высокопробное золото – диапазон пробыности 897-920‰ - Au_{1,69}Ag_{0,31}</i>								
1	C103 70.9-71.0	100,00	90,65	9,35	-	1,68	0,32	-
2	C103 70.9-71.0	100,00	90,27	9,73	-	1,67	0,33	-
3	C103 70.9-71.0	100,00	90,24	9,76	-	1,67	0,33	-
4	C103 70.9-71.0	100,00	89,67	10,33	-	1,65	0,35	-
5	C103 70.9-71.0	100,00	91,99	8,01	-	1,73	0,27	-
6	C103 70.9-71.0	100,00	91,98	8,02	-	1,73	0,27	-
<i>Золото средней пробыности – диапазон пробыности 796-813‰ - Au_{1,38}Ag_{0,62}</i>								
7	C021-139.3-139.4	100,00	79,76	20,24	-	1,37	0,63	-
8	C003-101.7-101.8	100,00	79,63	20,37	-	1,36	0,64	-
9	C003-101.7-101.8	100,00	80,09	19,91	-	1,38	0,62	-
10	C003-101.7-101.8	100,00	80,35	19,65	-	1,38	0,62	-
11	C003-101.7-101.8	100,00	79,68	20,32	-	1,36	0,64	-
12	C003-101.7-101.8	100,00	81,30	18,70	-	1,41	0,59	-
<i>Низкопробное золото – диапазон пробыности 397-556‰ - Au_{0,63}Ag_{1,37}</i>								
13	C021 141.7-141.8	100,00	49,13	50,05	0,82	0,69	1,27	0,04
14	C021-141.7-141.8	100,00	39,72	60,28	-	0,53	1,47	-
15	C021-141.7-141.8	100,00	50,49	49,51	-	0,72	1,28	-
16	C021-141.7-141.8	100,00	42,62	57,38	-	0,58	1,42	-
17	C021-141.7-141.8	100,00	38,94	61,06	-	0,52	1,48	-
18	C021-141.7-141.8	100,00	40,23	59,77	-	0,54	1,46	-
19	C003-101.7-101.8	100,00	55,57	44,43	-	0,82	1,19	-

Примечание. Аналитик О.Л. Галанкина, анализ выполнен на сканирующем электронном микроскопе JeolJSM-6510LA с энергодисперсионным спектрометром в ИГТД РАН Санкт-Петербург, 2019 г.